AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

MƏSAFƏ SENSORLARININ QEYRİ- SƏLİS AQREQASİYA MODELİNİN İŞLƏNİLMƏSİ

İxtisas: 3337.01 - “İnformasiya ölçmə və idarəetmə sistemləri” (texnika)

Elm sahəsi: Texnika elmləri

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş

DİSSERTASİYA

İddiaçı: **Xudaverdiyeva Məhəbbət Əsgər qızı**

Elmi rəhbər : texnika elmləri namizədi, dosent
Əliyeva Kəmalə Rafiq qızı

Bakı – 2022

MÜNDƏRİCAT

GİRİŞ……..... 3
FƏSİL 1. MƏSAFƏ SENSORLARININ TƏTBİQİ 6
1.1. Sensorların əsas xüsusiyyətləri və müqayisəli 6
1.2. Ultrasəs sensorla məsafənin 12
1.2.1. Ultrasəs ölçmələr və ultrasəs 13
1.2.2. Ultrasəs sensorunun tənzimlənməsi, çıxış siqnallarının 20
FƏSİL 2. QEYRİ-SƏLİS MƏNTİQİN MƏSAFƏ SENSORLARINA TƏTBİQİ..... 51
2.1. Qeyri-səlis məntiq, qeyri-səlis sistemin əsas elementləri..... 51
2.2. Qeyri-səlis aqreqasiya operatorları..... 67
2.3 Qeyri-səlis məntiqin məsafə sensorlarında verilənlərin aqreqasiyasında və emalında tətbiqi..... 71
FƏSİL 3. QEYRİ- SƏLİS AQREQASİYA MODELİNİN İŞLƏNİLMƏSİ..... 81
3.1. Müxtəlif tipli qeyri-səlis verilənlərin modelləşdirilməsi və aqreqasiyası..... 81
3.2. Qeyri-səlis obyektlərin aqreqasiyası..... 95
FƏSİL 4. SENSOR ŞƏBƏKƏLƏRI ÜÇÜN QEYRİ-SƏLİS MƏNTİQ ƏSASINDA MƏLUMATLARIN AQREQASİYASI 101
4.1. Simsiz sensor şəbəkələrində məlumatların 101
4.2. 2-ci tip qeyri-səlis məntiq əsasında məsafə sensorlarında məlumatların aqreqasiyası 108
4.3. Z-informasiyanın aqreqasiyası..... 119
NƏTİCƏ..... 123
ƏDƏBİYYAT..... 124

GİRİŞ

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Bir sıra problemlərin həlli müxtəlif mənbələrdən yığılmış qeyri-səlis informasiyaların aqreqasiyasını tələb edir. Formal olaraq aqreqasiya ədədlərin, linqvistik terminlərin və s. ümumi bir nəticədə birləşdirilməsi prosesidir. Aqreqasiya problemləri bir çox elmi araşdırmalarda məsələn, qeyri-müəyyənlik şəraitində qərar qəbuletmə, çoxmeyarlı qərar qəbuletmə, verilənlərin emalı və s. məsələlərində geniş istifadə edilir. İnformasiyanın linqvistik verilənlər halında aqreqasiya məsələsi qeyri-səlis çoxluqlar üzərində aparılır. Dissertasiya işində qeyri-səlis şərtlərə və ya ilkin şərtlərə əsaslanan məsafə sensorlarının qeyri-səlis aqreqasiya modelinin işlənilməsi məsələlərinə geniş yer verilmişdir. Bu proses qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsinin bütün əsas konsepsiyalarını - mənsubiyyət funksiyaları, linqvistik dəyişənlər, qeyri-səlis implikasiya metodları və s. əhatə edir. Qeyri-səlis qərar qəbuletmə sistemlərinin inkişafı və tətbiqi qeyri-səlis məntiq əsasında həyata keçirilən bir sıra mərhələləri əhatə edir. Aqreqasiya qeyri-səlis qərar qəbuletmə sisteminin hər bir qaydası üçün şərtlərin doğruluq dərəcəsini təyin edən bir prosedurdur.

Tədqiqatın obyekti və predmeti. Dissertasiya işinin obyekti qeyri-müəyyənlik şəraitində məsafə sensorlarının qeyri-səlis aqreqasiya modelinin işlənilməsidir. Dissertasiya işinin predmeti 2-ci tip qeyri-səlis ədədlərln aqreqasiyası, Z-ədədlərin aqreqasiyası kimi məsələlərdir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Dissertasiya işinin məqsədi məsafə sensorlarının qeyri-səlis aqreqasiya modelinin işlənilməsindən ibarətdir. Bunu nəzərə alaraq aşağıdakı problemlər həll edilmişdir:

- mövcud məsafə sensorlarının əsas xüsusiyyətləri müəyyənləşdirilmiş və müqayisəli təhlili aparılmışdır;
- ultrasəs sensoru vasitəsilə qeyri-müəyyənlik şəraitində məsafənin ölçülməsi məsələsinə baxılmışdır;
- qeyri-səlis məntiqin məsafə sensorlarında verilənlərin aqreqasiyası və emalı üçün tətbiqinə baxılmışdır;

- müxtəlif tipli qeyri-səlis verilənlərin modelləşdirilməsi və aqreqasiyası, 2-ci tip qeyri-səlis məntiq və Z-qərar qəbuletmə əsasında məlumatların aqreqasiyası məsələlərinə baxılmışdır.

Tədqiqat metodları. Dissertasiya işində qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsi metodlarından, qeyri-səlis çoxluqlar üzərində əməllərdən, Z-ədədlər və 2-ci tip qeyri-səlis ədədlər əsasında informasiyanın aqreqasiyasından istifadə olunur. Kompüter təcrübələri MS Excel, Proteus və MATLAB mühitində aparılır.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar.

Dissertasiya işində aşağıdakı müddəalar müdafiəyə təqdim olunur:

- məsafə sensorlarının əsas xüsusiyyətləri müəyyən olunmuş və müqayisəli təhlili aparılmışdır;
- məsafə sensorlarında qeyri-səlis məntiq əsasında verilənlərin aqreqasiyası və emalına baxılmışdır;
- məsafə sensorlarında daha dərin qeyri müəyyənliklər şəraitində qərar qəbul etmək üçün 2-ci tip qeyri-səlis çoxluqların tətbiqi və bu çoxluqlar vasitəsilə informasiyanın aqreqasiyası məsələsinə baxılmışdır;
- məsafə sensorlarında informasiyanın aqreqasiyası məsələlərinə Z-qərar qəbuletmə vasitələri tətbiq olunmuşdur.

Tədqiqatın elmi yeniliyi.

- qeyri-səlis məntiq əsasında məsafə sensorlarında informasiyanın aqreqasiyası və emalı məsələlərinə baxılmış və həll edilmişdir;
- qeyri-səlis ədədlər və onların aqreqasiyası, modelləşdirilməsi yerinə yetirilmişdir;
- məsafə sensorlarında qeyri-müəyyənlik şəraitində informasiyanın emalı üçün 2-ci tip qeyri-səlis çoxluqlar tətbiq olunmuş və bu çoxluqlar vasitəsilə informasiyanın aqreqasiyası məsələsinə baxılmış və işlənilmişdir;
- Z- qərar qəbuletmə vasitələri informasiyanın aqreqasiyası məsələlərinə tətbiq olunmuşdur.

Tədqiqatın nəzəri və praktik əhəmiyyəti. Məsafə sensorlarının qeyri-səlis aqreqasiya modelinin işlənilməsi məsələsi iqtisadiyyatın, istehsalatın, biznesin

müxtəlif sahələrinə tətbiq oluna bilər. Bu dissertasiya işində bir sıra üsullar və yanaşmalar arasındakı fərqlər və oxşarlıqlar araşdırılmışdır. Əldə edilmiş nəticələr, ehtimallar müxtəlif sahələrlə bağlı qərar qəbuletmə məsələlərində tətbiq oluna bilər.

Dissertasiya işinin aprobasiyası və tətbiqi. Əsas tədqiqat və praktiki nəticələrimiz Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin "Cihaz mühəndisliyi" kafedrasının seminarlarında və beynəlxalq konfranslarda müzakirə olunmuşdur.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı. Dissertasiya işi Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin "Cihaz mühəndisliyi" kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı. Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, "Cihaz mühəndisliyi" kafedrası.

Nəşrlər. Ümumilikdə 15 elmi əsər çap olunmuşdur. Tədqiqat üzrə çap olunan 15 elmi əsərdən 1-i metodik vəsait, 10-u məqalə və 4-ü elmi konfrans materialıdır.

Dissertasiya işinin strukturu və həcmi. Dissertasiya işi giriş, dörd fəsil, nəticə və istinad olunan ədəbiyyatdan ibarətdir. Tezisin həcmi 137 səhifədən, 62 şəkil, 25 cədvəl və 144 ədəbiyyatdan ibarətdir. Birinci fəsil 72829 işarə, ikinci fəsil 23258 işarə, üçüncü fəsil 28738 işarə, dördüncü fəsil 30293, nəticə1945 işarədən ibarətdir.

FƏSİL 1. MƏSAFƏ SENSORLARININ TƏTBİQİ

1.1. Sensorların əsas xüsusiyyətləri və müqayisəli təhlili

Sensorlar ətrafdakı hadisələri və ya dəyişiklikləri aşkar etmək və digər elektron cihazlara, kompüter prosessoruna məlumat göndərmək məqsədi daşıyan cihaz, modul, maşın və ya alt sistemdir. Sensor həmişə digər elektron cihazlarla birlikdə istifadə olunur. Sensorlar insanların çoxunun fərqində olmadığı saysız-hesabsız tətbiqlərdə, o cümlədən, toxunmaya həssas lift düymələri, toxunma sensoru və ya bazaya toxunduqda sönən və ya parlayan lampalar kimi gündəlik əşyalarda istifadə olunur. Mikro maşınların və istifadəsi asan mikrokontrollerin platformalarındakı inkişafları ilə birlikdə sensorların istifadəsi mexatronikada geniş istifadə edilən MARG (maqnit, bucaq dərəcəsi və cazibə qüvvəsi) sensorları kimi ənənəvi temperatur, təzyiq və ya axın ölçmə sensor sahələrindən kənara çıxdı. Sensorlar bir kəmiyyətin digərindən birqiymətli funksional asılılığını yerinə yetirən ölçmə çeviricilərdir. Giriş kəmiyyətləri elektrik, qeyri elektrik, maqnit, mexaniki, optik və s. kəmiyyətlər ola bilər [11, s.114]. Sensorun təbii giriş kəmiyyəti ölçmə obyektində onu xarakterizə edən kəmiyyətlərdən hər hansı birinə reaksiya verdiyi fiziki kəmiyyət qəbul edilir. Sensorları passiv və aktiv olmaqla iki kateqoriyaya ayırmaq olar. Passiv sensorların əlavə enerji mənbəyinə ehtiyacı olmur və xarici təsirin dəyişməsinə uyğun olaraq onun çıxışında həmişə elektrik siqnalı yaranır. Onları generator vericiləri də adlandırırlar. Generator tipli vericilər kiçik güclü ölçmə qurğularıdır. Passiv sensorlara misal olaraq termoelektrik, pyezoelektrik vericiləri göstərmək olar. Aktiv sensorlar elə vericilərdir ki, onlar özlərinin işləməsi üçün təsirləndirmə siqnalı adlanan xarici enerji tələb edirlər. Bu vericiləri parametrik vericilər də adlandırırlar. Parametrik vericilərdə isə ölçülən kəmiyyətin təsirindən elektrik, maqnit və optik dövrələrin parametrləri –müqaviməti, induktivliyi, tutumu, işıq selini buraxması və s. dəyişir. Onlar passiv vericilər sayılır və fiziki kəmiyyətin qıymətini ölçmək üçün uyğun ölçmə dövrələri və qida mənbələri ilə təmin edilir. Passiv vericilərdə aktiv

müqavimətin dəyişməsi effektindən (termorezistiv, fotorezistiv, maqnitrezistiv effektlər) dielektrik nüfuzluğunun dəyişməsindən və maddələrdən keçən işığın miqdarının dəyişməsindən və s. daha çox istifadə olunur. Bundan əlavə potensiometrlər və güc alğılama rezistorları kimi analoq sensorlar hələ də geniş istifadə olunur. Tətbiqlərə gündəlik həyatımızda istifadə olunan istehsal vasitələri, təyyarə, avtomobillər, tibb, robototexnika və bir sıra texnoloji vasitələr daxildir. [63, s.199]. Materialların kimyəvi və fiziki xüsusiyyətlərini ölçən çoxlu digər sensorlar da mövcuddur ki, bunlara da refraktiv indeksi ölçmək üçün optik sensorları, mayenin özlülüyünü ölçmək üçün vibrasiya sensorlarını və mayelərin pH-nı izləmək üçün elektrokimyəvi sensorları nümunə göstərmək olar. Sensorun həssaslığı ölçülən giriş siqnalı dəyişdikdə sensor çıxışının nə qədər dəyişdiyini göstərir. Məsələn, termometrdəki civə temperatur 1°C dəyişdikdə 1 sm hərəkət edərsə, həssaslıq 1 sm/°C olar. Bəzi sensorlar ölçdüyü obyektə də təsir edə bilir. Məsələn, isti maye qabına qoyulmuş termometrə otaq temperaturu təsir edir. Sensorlar elə hazırlanmalıdır ki, ölçülən obyektə çox az təsir edə bilsin. Sensorun kiçildilməsi bunun öhdəsindən gələ bilir və digər faydalar verir. Texnoloji tərəqqinin nəticəsində mikroelektro-mexaniki sistemlər texnologiyasından istifadə edərək mikrosensor kimi mikroskopik miqyasda olan sensorların hazırlanması reallaşdı. Əksər hallarda mikrosensorlar makroskopik yanaşmalara nisbətən daha sürətli, daha qısa ölçü müddətləri və daha yüksək həssaslıq əldə edir. Müasir dünyada sürətli, əlverişli və etibarlı məlumatlara artan tələbat səbəbiylə birdəfəlik sensorlar qısa müddətli monitorinq və ya birdəfəlik ölçmə üçün aşağı qiymətli və istifadəsi asan cihazlar daha böyük əhəmiyyət kəsb edir. Bu sinif sensorlardan istifadə edərək analitik məlumatları hər kəs, hər yerdə, istənilən vaxt, yenidən kalibrləşməyə ehtiyac olmadan əldə edə bilər. İnsanlar duyğu orqanları ilə ətraflarında baş verənləri alğıladıqları kimi maşınlar da sensorlar vasitəsilə temperatur, təzyiq, sürət və bənzər dəyərləri qəbul edirlər. Məsələn, bir temperatur sensoru dəyişən mühit istiliyindən asılı olaraq elektrik potensialları fərqi (gərginlik) yaradır. Bu məlumatlar bir mikrokontrollerə ötürüldükdə qapalı bir temperatur idarəetmə vahidi əldə edilir. Mürəkkəb texnoloji proseslərin elmi-tədqiqat və sınaq işlərinin informasiya-ölçmə və idarəetmə

sistemlərində vericilərin sayı yüzlərlə, bəzən hətta minlərlə olur. Vericilər və onların ölçmə dövrələri temperaturu, qüvvəni, təzyiqi, axın parametrlərini, fəzada tutduğu mövqe parametrlərini, işığın intensivliyini və bu kimi fiziki kəmiyyətləri ölçən sistemlərin əsas vasitələrindəndir. Onlar ayrıca olaraq fəaliyyət göstərmir və adətən informasiya-ölçmə və idrəetmə sistemlərinin strukturunda ilkin çevirici funksiylarını yerinə yetirir. Ona görə də fiziki kəmiyyətlərin ilkin vericiləri, yəni, sensorlar və onların intellektual informasiya-ölçmə və idarəetmə sistemlərinə qoşulma üsulları haqqında müəyyən biliklərin əldə olunması zəruridir [1, s.11]. Müasir informasiya-ölçmə və idarəetmə sistemlərində fiziki xüsusiyyətlərinə, çıxış siqnalının təbiətinə, dinamik diapazonuna və gücünə görə fərqlənən çoxlu sayda müxtəlif vericilərdən istifadə edilir.

Sensorları sistemin digər qurğuları ilə əlaqələndirərkən onların çıxış siqnalı uyğun dövlət standarlarının səviyyəyə, gücə, informasiya daşıyıcısına və s. qoyduğu tələblərə uyğun hala gətirilməlidir. Belə çevirmələr unifikasiyalaşdırma adlandırılır. Məsələn, sabit və dəyişən cərəyan elektrik siqnalları informasiya daşıyıcısı olaraq qəbul edilmişdir. Sistemdə sabit cərəyanın qiyməti 0÷5 mA, -0.5÷0÷5 mA, 0÷20 mA, -20÷0÷20 mA, 4÷20 mA, -100÷0÷100 mA limitlərdə olmalıdır. Uzaq təsirli informasiya ölçmə sistemlərində 0÷5 mA, 0÷20 mA, 4÷20 mA siqnallardan istifadə edilməsi tövsiyə olunur. Məsafədən ölçmələrdə 0÷1V, 0÷5V, 1÷5V siqnallardan istifadə edilməsi tövsiyə edilir [1, s.30].

Analoq sensor siqnalının rəqəm avadanlıqda işlənməsi və ya istifadəsi üçün analoqdan rəqəm çeviriciyə ötürülərək rəqəm siqnalına çevrilməlidir. Sensorlar ideal ötürmə funksiyasını təkrarlaya bilmədikləri üçün sensorların dəqiqliyini məhdudlaşdıran müxtəlif xətalar baş verə bilər. Çıxış siqnalının diapazonu hər zaman məhdud olduğundan ölçülən parametrin xüsusiyyətlərinin həddi aşması nəticədə çıxış siqnalının minimuma və ya maksimuma çatmasına səbəb olur. Tam miqyaslı aralıq ölçülən obyektin maksimum və minimum qyimətlərini müəyyən edir. Ölçmə xətası ölçmə nəticəsinin giriş kəmiyyətinin əsl qiymətindən nə qədər fərqlənməsini, yayınma dərəcəsini əks etdirir.

Həssaslıq tətbiqdə göstərilən qiymətdən fərqli ola bilər. Buna həssaslıq xətası

deyilir. Bu, xətti ötürmə funksiyasının meyletməsindən yaranan yayınmadır [23, s.569]. Çıxış siqnalı orta qiymətdən müəyyən bir qiymət ilə fərqlənərsə bu sensorda xətanın olduğunu göstərir. Bu xətti ötürmə funksiyasının kəsilməsindəki yayınmasıdır. Qeyri-xəttilik bir sensorun ötürmə funksiyasının xətti funksiyadan kənara çıxmasıdır. Adətən, bu sensorun bütün diapazonunda çıxışın ideal davranışdan nə qədər fərqləndiyi ilə müəyyən edilir və ümumiyyətlə tam aralığın faizi olaraq təyin olunur. Zamana görə xüsusiyyətin sürətli dəyişməsinin səbəb olduğu yayınma dinamik xəta adlanır. Çox vaxt bu davranış dövri giriş siqnalının tezliyinin bir funksiyası olaraq faza dəyişməsini göstərən Bode qrafiki ilə izah olunur. Çıxış siqnalı ölçülən parametrin xüsusiyyətindən asılı olmayaraq yavaş-yavaş dəyişirsə, bu, yayınma olaraq təyin olunur. Aylar və ya illər ərzində uzunmüddətli yayınmalar sensordakı fiziki dəyişikliklərdən qaynaqlanır. Küy zamanla dəyişən siqnalın təsadüfi bir yayınmasıdır. Histerezis xətası çıxış qiymətinin əvvəlki giriş dəyərlərinə görə dəyişməsinə səbəb olur. Sensorun çıxışı, giriş parametrini artırmaq və ya azaltmaqla müəyyən bir giriş qiymətinə çatıb-çatmadığından asılı olaraq fərqlənirsə, sensorda histerezis xətası var. Sensorun rəqəmsal olaraq bir çıxışı varsa və çıxışın ölçülən qiyməti arzuolunan qiymətə yaxınlaşırsa, yaranan xətaya kvantlama xətası da deyilir. Siqnal rəqəmsal olaraq izlənilirsə dəyişmə tezliyi dinamik bir xətaya səbəb ola bilər və ya giriş dəyişəninin və ya əlavə küyün dəyişmə sürətinin bir dəfəsinə yaxın bir tezlikdə vaxtaşırı dəyişdiyi təqdirdə kənarlaşdırma xətaları meydana gələ bilər. Sensor müəyyən dərəcədə ölçülmüş parametrin xüsusiyyətdən başqa digər parametrlərin xüsusiyyətlərinə də həssas ola bilər. Məsələn, əksər sensorlar ətraf mühitin istiliyindən təsirlənir. Bütün bu yayınmalar sistematik xətalar və ya təsadüfi xətalar kimi təsnif edilə bilər. Sistematik xətalar bəzən bir növ kalibrləmə strategiyası ilə kompensasiya edilə bilər. Küy süzgəc kimi siqnal işlənməsi ilə çox vaxt sensorun dinamik davranışı hesabına azaldıla bilən təsadüfi bir xətadır. Sensorlarda ölçünün müəyyənləşdirilməsi zamanı ölçülən miqdarda bir sıra dəyişikliklər aşkar edilə bilər. Rəqəmsal çıxışı olan bir sensorun parametrlərinin qiymətlərinin müəyyənləşdirməsi ölçmə dəqiqliyi ilə əlaqədardır. Sensorun dəqiqliyi onun müəyyənləşdirdiyi qiymətdən daha pis ola bilər. Məsələn, məsafənin müəyyənləşdirilməsi istənilən

məsafə ölçmə cihazı ilə dəqiq ölçülə bilən minimum məsafədir [54, s.803]. Uçuş vaxtı kamerasında məsafə müəyyənləşdirməsi uzunluq vahidi ilə ifadə olunan siqnalın standart yayınmasına bərabərdir. Beləliklə, sensor müəyyən dərəcədə ölçülmüş xüsusiyyətdən başqa xüsusiyyətlərə həssas ola bilər. Məsələn, əksər sensorlar ətraf mühitin istiliyindən təsirlənir və bu sensorlar temperatur, pH dəyəri, axın sürəti, fırlanma sürəti, sürət, təzyiq və s. kimi fiziki dəyişənləri ölçmək üçün istifadə edilən cihazlardır. Cədvəl 1.1.1-də tədqiqat işində istifadə edilən sensorlar ümumi olaraq göstərilmişdir.

Cədvəl 1.1.1

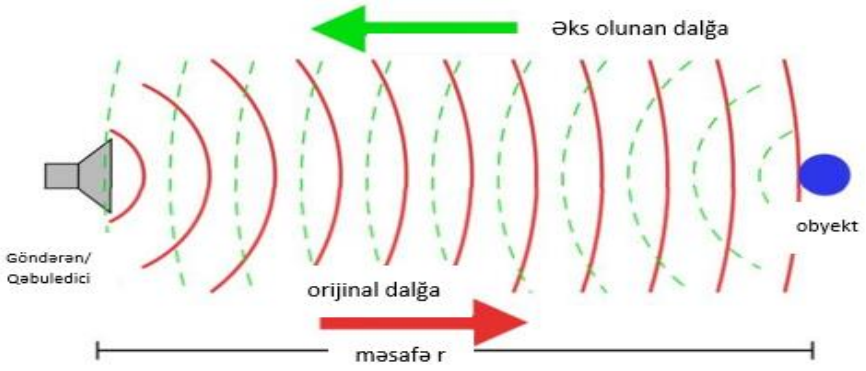
Sensorun adı	Kəmiyyət	İstifadə
Ultrasəs Sensorları	1	Məsafənin ölçülməsi
İşıq Sensorları	2	İşığın aşkarlanması
İstilik Sensorları	1	Temperaturun aşkarlanması
Fırlanma sensorları	3	Robotun dönmə bucağının ölçülməsi

Tədqiqatda sensorların istifadəsi

Ultrasəs sensoru ultrasəs ötürücüsü, ultrasəs qəbuledicisi, idarəetmə dövrəsi və güc mənbəyindən ibarətdir. Rəqslərin tezliyi 17-20 Herslə 20000 Hers arasında olan uzununa elastiki dalğanı qulağımız səs şəklində qəbul edir. Belə rəqslər akustik rəqslər adlanır. Tezliyi 17 Hersdən kiçik olan rəqslər infrasəs, tezlyi 20000 Hersdən böyük olan ultrasəsdir. Ultrasəs insan eşitmə aralığının yuxarı həddindən çox tezliklə vibrasiyalanan səs təzyiqi dalğasıdır. İnsanların eşidə biləcəyi səsin yuxarı sərhədi təxminən 20000 Hersdır. Səsin tezliyi 20000 Hersdən yüksək olarsa buna ultrasəs deyilir. Tezlyi 20000 Hersdən böyük olan ultrasəs sensor robota obyektləri görməyə və aşkar etməyə imkan verir. O, adətən robot tərəfindən maneələrin qarşısını almaq, məsafəni ölçmək və hərəkəti aşkar etmək üçün istifadə olunur.

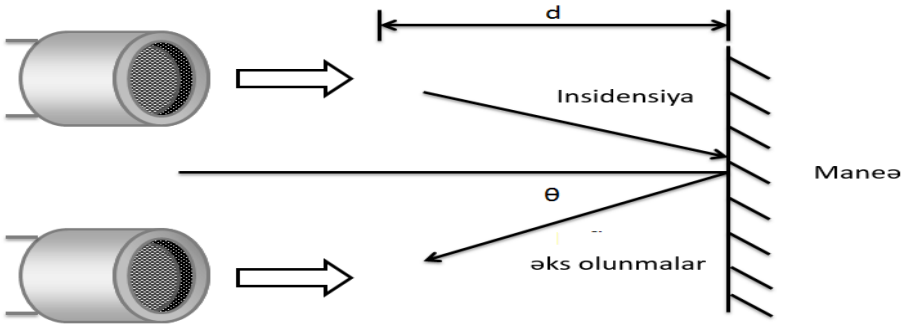
Ultrasəs ötürücü müəyyən istiqamətdə ultrasəs dalğasını işə salır və eyni zamanda sayğac hesablamağa başlayır. Ultrasəs dalğa divara və ya maneəyə dəyəndə

o, əks-səda verir və ultrasəs qəbuledicisinə geri ötürür. Ultrasəs sensor yarasalarla eyni prinsipi tətbiq edir. Ultrasəs sensorlarda belə bir prinsip tətbiq edilir. O, səs dalğasının bir obyektə toxunması və geri qayıtması üçün lazım olan vaxtı hesablayaraq məsafəni ölçür. O, eynilə əks-səda kimi işləyir. Şəkil 1.1.1-də ultrasəsin dəyişmə prinsipi və ultrasəs sensoru ilə informasiyanın necə əldə edildiyi göstərilmişdir.



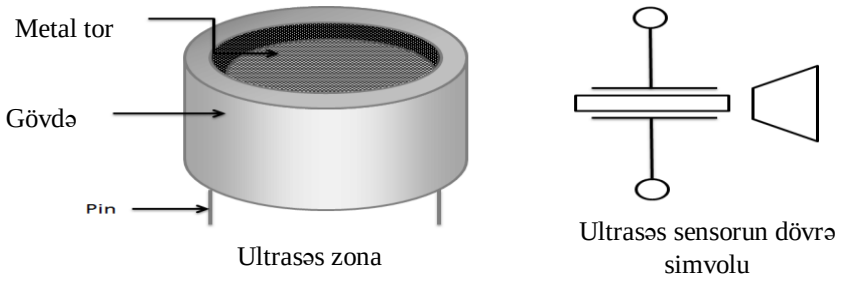
Şəkil 1.1.1. Ultrasəs dəyişmə prinsipi

Ultrasəs ölçmələr və ultrasəs sensorlar şəkil 1.1.2-də göstərilmişdir.



Şəkil 1.1.2 Ultrasəs ölçmələr və ultrasəs sensorlar

Ultrasəs zond və onun dövrə simvolu şəkil 1.1.3-də göstərilmişdir.



Şəkil 1.1.3 Ultrasəs zond və onun simvolu

Ultrasəs qəbuledicisi əks olunan dalğanı tutduqdan sonra sayğac saymağı dayandıracaq.

1.2. Ultrasəs sensorla məsafənin ölçülməsi

Ultrasəs sensorlar avtomatlaşdırma tapşırıqlarında adətən məsafəni, mövqe dəyişmələrini, səviyyəni ölçmək üçün, məsələn, mövcudluq detektorları kimi xüsusi proqramlarda şəffaf materialın təmizliyini ölçmək üçün istifadə olunur. Onlar ultrasəs dalğalarının yayılma müddətinin ölçmə prinsipinə əsaslanır. Bu prinsip etibarlı aşkarlanmanı obyektin rəng ötürməsi və ya dizaynından, səthinin növündən asılı olmayaraq təmin edir. Mayelər, şəffaf əşyalar, şüşə və s. kimi materialları belə etibarlı şəkildə aşkar etmək mümkündür. İstifadə üçün başqa bir sübut da onların maneələrə qarşı çox həssas deyil, aqressiv mühitlərdə istifadə olunması və məsafəni ölçmək imkanına malik olmasıdır [92, s.38]. Ultrasəs sensorlar bir çox mexaniki dizaynda istehsal olunur. Laboratoriya istifadəsində ötürücü və qəbuledici üçün ayrı və ya tək məkanda istifadə olunan sadə korpus, sənaye istifadəsi üçün adətən möhkəm metal korpuslar yığılır. Bir sıra növlər potensiometr və ya rəqəmsal olaraq həssaslığı tənzimləməyə imkan verir. Ayrıca çıxış birbaşa vahid versiyada və ya rəqəm formada analoq siqnalda mövcud ola bilər. Rabitə interfeysi vasitəsi ilə kompüterə qoşula bilən sensorlar vəziyyətində, bütün sensorun işləmə diapazonu və ölçülmüş məsafələrin detallı parametrlərini təyin etmək mümkündür. Ultrasəs ətraf mühitdə eşitmə səsi ilə oxşar yayılma xüsusiyyətlərinə malikdir. Bu ətraf mühitin mexaniki vibrasiyasıdır. Ultrasəs yayılma qaz, maye və sərt cisim ola bilər. İstifadəyə görə ultrasəs iki qrupa bölünür- aktiv və passiv ultrasəslər. Aktiv ultrasəs tətbiq olunduqda fiziki və ya kimyəvi təsir göstərir. Alınan nəticə daha yüksək dəyərləri əldə edir. Ultrasəs təmizlənmə, qaynaq, qazma və bu kimi işlərdə istifadə olunur. Passiv ultrasəs çıxışı daha kiçik qiymətlərdə yaranan kontrastdır. Onun əsas tətbiq sahəsi məsafəni ölçmək, materialdakı qüsurları və materialların qalınlığını

aşkarlamaq, maye və qaz axınını ölçmək sahəsində diaqnostikadır.

1.2.1. Ultrasəs ölçmələr və ultrasəs sensorlar

Səsin sürəti hərəkət etdiyi mühitin tipindən və ətraf mühitin mövcud temperaturundan asılıdır. Bəzi materiallarda səsin yayılma sürəti cədvəl 1.2.1-də göstərilmişdir [92, s.37].

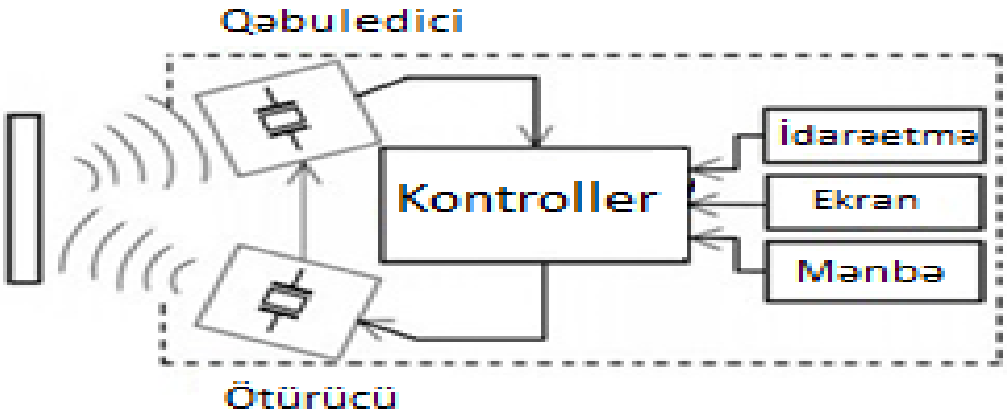
Cədvəl 1.2.1

Bəzi materiallarda səs sürəti

Qaz (m/s)		Sərt cisimlər (m/s)		Mayelər (m/s)	
Hava (0°C)	331	Al	5100	Su (20°C)	1481
Hava (20°C)	343	Polad	5000	Su (25°C)	1497
He (25°C)	965	Beton	1700	Benzin (20°C)	1170
H (25°C)	1284	Cu	3500	Hg (25°C)	1450
He-Helium H-Hidrogen Al – Aluminium				Cu – Cuprum Hg – Civə	

Havaya nisbətən səs sudan və metaldan daha yaxşı keçir. Elastiklik artdıqca səsin sürəti də artır. Tezlik nə qədər yüksək olarsa, səs bir o qədər yüksək səslənir.

Ultrasəs sensor olan SRF08 sensoru, bəzən, sonar sensorlar (hidrolokator) da adlandırılır. Bu ultrasəs maneə detektorudur və 11 m-ə qədər məsafəni ölçməyə qadirdir. Ultrasəs sensorun blok diaqramı şəkil 1.2.1- də göstərilmişdir [92, s.42].



Şəkil 1.2.1. Ultrasəs sensorun blok diaqramı

Ultrasəs sensorlar, ümumiyyətlə, bir neçə çox qısa impuls göndərmək və ötürülən siqnalın əksini almaq arasındakı vaxtın ölçülməsi prinsipi ilə işləyirlər. Əsas konstruksiya blokları ötürücü və qəbuledicidir. Ötürücü bloku iki növ çeviricidən ibarət ola bilər:

-Maqnetostriktiv çeviricilər - aşağı tezliklərdə işləyirlər və prinsipləri maqnit materialının uzunluğunun mexaniki dəyişməsinə əsaslanır;

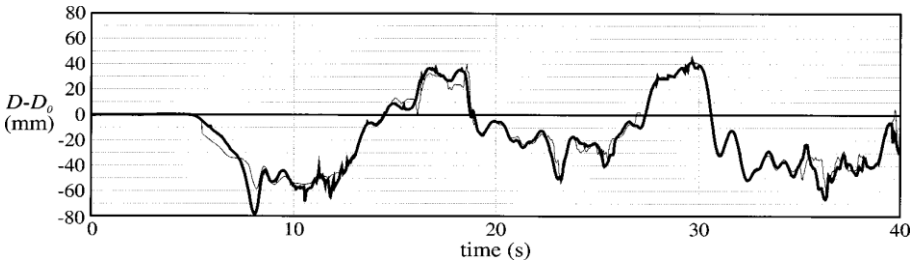
-Pyezoelektrik çeviricilər - yüksək tezliklərdə işləyir və prinsip tərs pyezoelektrik effektə əsaslanır. Ultrasəs qəbuledici elektrik siqnalında əks olunan mexaniki dalğaların ötürülməsi prinsipinə əsaslanır [106, s.10], [32, s.20].

Sensorun ölçülmə prinsipi səkkizinci dövrlərdəki ultrasəs siqnal və 40 kHz tezlikdir. Sonar sensorlar sınaq siqnalının göndərilməsi və onun əks olunmasının əldə edilməsi arasındakı vaxtı ölçür. Ölçülən dəyərlər 16 sistemə qədər saxlanılır, onlardan verilənlərin idarəetmə sistemi kimi oxunması mümkündür. Bu prinsipə görə bu sensorların ən böyük üstünlüklərindən biri obyektlərin yalnız arzu olunan məsafələrdə ölçülməsi imkanının olmasıdır. Sensor I^2C şini vasitəsi ilə əlaqə qurur. Bu fakt sensorun ünvanlanmasına və eyni zamanda sensor matrislərinin yaradılmasına imkan verir. İstehsalda təyin olunan əsas ünvanın dəyişdirilməsinə əlavə olaraq sensor ətraf mühit işığını ölçən vahidlərin və çıxış dəyişənlərinin seçilməsinə imkan verir. Sonar sensorlar, eyni zamanda, neyron şəbəkələrində də istifadə üçün uygundur. SRF08 məsafə sensorunun əsas xüsusiyyətləri enerji təchizatı gərginliyinin 5V, cərəyan sərfinin 12 mA, gözləmə tezliyinin 40 kHz, ölçmə

diapazonunun 43mm-11000 mm, rabitə şini- I^2C, əsas ünvanın 0xE0 (tənzimlənən 16 ünvan), ölçmə rejiminin çox saylı əks-səda, vahidinin inch, cm, mikrosaniyə, ölçülərin 43x20x17 mm olmasıdır [121, s.189], [67, s.191]. Tipik sınaq zamanı izlərin nümunəsi şəkil 4-də göstərilmişdir. Qalın xətt ultrasəs sensorunun faktiki çıxışı, incə xətt isə hesablanmış çıxışdır. D ölçmə başının hündürlüyüdür.

Hər bir ölçmənin başlanğıcında qeydlər sıfırlanır və qeydlərdən alınan ölçmə oxu onluq 255 (0xFF) qiymətidir. Ölçmənin tamamlanmasını gözləyərkən tövsiyə olunan vaxt 65 ms-dir. Ölçmə başa çatdıqdan sonra əldə olunan ilk əks-səda sonarı (hidroakustika) ünvan 2-də və ünvan 3-də, ikinci əks-səda ünvan 4-də və ünvan 5-də yerləşir. Bundan başqa hər bir ölçü ünvan 1-də yerləşən işıq sensoru ilə yenilənir.

Tipik sınaq zamanı izlərin nümunəsi Şəkil 1.2.2 göstərilmişdir.



Şəkil 1.2.2 Tipik sınaq zamanı izlərin nümunəsi

İlk qeydlər yalnız (0-2) aralığında yazmağa imkan verir, digərləri oxuyur və yazır. SFR08-də, ümumilikdə, 36 qeyd mövcuddur. SRF08 sensor qeydlərinin siyahısı aşağıdakı cədvəl 1.2.2-də göstərilmişdir.

Cədvəl 1.2.2.

SRF08 qeydləri

Ünvan	Oxuma	Yazma
0	Təkrar alqoritm	Əmr qeydi
1	İşıqlandırma	Mənfəət
2	1. əks-səda, msb	Diapazon
3	1. əks-səda, lsb	

...	...	...
34	17. əks-səda, msb	
35	17. əks-səda, lsb	

Bu sensorlarda ölçmə prosesi 80-dən 82-ə qədər məzmunu əmr qeydinə yazmaqla başlayır. Müvafiq vahiddə ölçülmüş dəyərin məzmununa görə ((inch, cm), süni neyron şəbəkəsində verilən əmrə aid bölmələrin formatlarından birində ölçü rejimi ilə eyni olacaq 83 -85 əmrlərindən birini müəyyən etmək lazımdır.

Qeydin daha çox əks olunmasının üstünlüyü ölçülmüş məsafədə birdən çox obyekti aşkar etmək qabiliyyətidir. Ölçülmüş dəyərlərin oxunması yuxarıda qeyd olunduğu kimi 65 ms-dən sonra və ya qeydlərin məzmunu oxunaraq mümkün olur. Oxunma dəyəri 255 olarsa bu ölçmə nəticəsidir. Ölçmə aralığını dəyişdirmək lazım olduqda onu 0x2 ünvanda mövcud olan qeyddəki dəyərləri dəyişdirərək etmək mümkündür. 0x0 dəyəri 43 mm məsafəni, 0xFF dəyəri isə 11 m məsafəni göstərir.

Sensorun ünvanının dəyişdirilməsi 160-dan 170-ə qədər qiymətləri cədvəl 1.2.3-dəki kimi əmr qeydinə yazmaqla yerinə yetirilə bilər [92, s.37].

Cədvəl 1.2.3

SRF08 ölçməsi və ünvanlanması

Əmr		Təsvir
10-luq.	16-lıq.	
80	50	Ölçmə (inch)
81	51	Ölçmə (sm)
82	52	Ölçmə (m)
83	53	SNŞ rejimi (inch)
84	54	SNŞ rejimi (sm)
85	55	SNŞ rejimi (m)
160	A0	Ünvan 1. Bayt
165	A5	Ünvan 3. Bayt

170	AA	Ünvan 2. Bayt

Ünvanları dəyişdirmək və ya tapmaq üçün baş verməyən əməliyyat oxu və ya yazıdır. Sensorlu bütün rabitə sistemi bir kompüterdən və iki interfeysdən və I^2C şinini təmin edən NI USB-8451 universal rabitə kartından ibarətdir. Sensorla əlaqə qurmaq üçün I^2C interfeysi seçilmişdir. I^2C iki naqilli ardıcıl şindir. Birinci siqnal verilənlərin ötürülməsi, ikinci siqnal ötürülmənin sinxronlaşması üçün nəzərdə tutulmuşdur. Şinə qoşulmuş hər bir cihaz zavodda qurulmuş 7 və ya 10 bitlik unikal ünvana malikdir. O, cihazı seçmək üçün istifadə olunur. Hər cihazın fərqli ünvanı olmalıdır. Şinə birdən çox idarəetmə qoşulduğu üçün o, multi-Master adlanır [73, s.56]. Şində eyni zamanda birdən çox cihazın ötürülməsi zamanı toqquşmanı aşkar etmək üçün qurğu mövcuddur. Verilənlərin ötürülməsi xətti və saat xətti verilənlərin və saat siqnallarının ikitərəfli sinxronlaşdırma xəttidir. Siqnallar müsbət təchizat gərginliyinə birləşdirilmiş çəkmə müqaviməti- rezistoru vasitəsi ilə yüksək məntiqi səviyyəyə bərkidilir [66, s.581]. I^2C şininə qoşulmuş bütün cihazların çıxışları açıq kollektor tipi olmalıdır ki, "və" məntiqi funksiyanı yerinə yetirə bilsin. Şinin daha yavaş cihaza qoşulması üçün, şindəki rabitə sürəti fərqli ola bilər.

Bu sensorların məhdudiyyətlərindən biri də odur ki, ötürmə dərəcəsi nə qədər yüksək olarsa, şinin maksimum uzunluğu o qədər qısa olur. Bu məhdudiyyət yüksək naqil uzunluğunda verilənlər və saat ötürücülərinin parazit tutumunun artması ilə əlaqədardır. Standart rabitə şininin sürəti 100 kbit/s-dir (standart rejim), digər rejimlərdə rabitə sürəti daha yüksəkdir- nisbətən yüksək sürətli rejim - 400kbit/s, yüksək sürətli rejim - 1Mbit/s, lap yüksək sürətli rejim - 3,4Mbit/s. Ən yüksək ötürmə sürəti (ultra sürətli rejim) 5Mbit/s-dir. Bu rejimdə artıq ötürücülərin iki tərəfli ötürülməsi mümkün deyil. I^2C şinində fərqli gərginlik səviyyələrində işləyən müxtəlif cihazların birləşməsinə görə, məntiqi 0 (aşağı) və məntiqi 1 (yüksək) sabit deyil. Ultrasəs sensor I^2C şini vasitəsilə birləşdirilir [68, s.176]. Enerji gərginliyinə qoşulmuş 2 çəkmə müqavimət mövcuddur. Onlar şinin istifadə olunmayan vəziyyətində H məntiqi səviyyəsini tənzimləmək üçün istifadə olunur. Bundan əlavə lövhənin üzərində ölçmə zamanı sensorun daha yüksək cərəyan istehlakında təchizat

gərginliyini sabitləşdirən iki kondensator birləşdirilir. İstifadəçilər üçün ölçməni təyin etməyə, nəticələri oxumağa və lazım olduqda düzəlişlər etməyə imkan verən qrafik interfeys yaradılır. İşçi proqramda kart seçimi və rabitə üçün gərginlik səviyyələrini təyin edən başlatma hissəsi var. Digər hissə, sensorla təkrar əlaqəni həyata keçirən əyri ilə meydana gəlir. Ölçmə başlanğıcı ilə verilənlərin oxunması arasında sensor ölçməsinin tamamlanmasını təmin edən gözləmə müddəti yüklənməlidir. Bu gözləmə müddəti 100ms (minimum 65ms) olaraq təyin edilir. Sensorun ölçülmə dəqiqliyini təyin etmək üçün maksimum 750 sm məsafəyə qədər müxtəlif məsafələrdə praktik ölçmə aparılır. Bundan əlavə istiqamətləndirici sensor xüsusiyyətləri yoxlanılır. Birinci hissədə 300 sm-ə qədər məsafə, daha sonra 600 sm-ə qədər məsafə və nəhayət 750 sm-ə qədər olan məsafə müəyyən edilir. Ümumi xəta ultrasəs sensoru 3 m aralığına nisbətən maksimum əymə olaraq hesablanmışdır:

$$\Delta_{S\,CLK} = \pm \frac{\max\left(\left|\Delta_S\right| + \left|\Delta_M\right|\right)}{300} \cdot 100(\%)$$

(1.2.1)

burada, Δ_S - sensor xətası, Δ_M - lent ölçmə xətası, $\Delta_{S\,CLK}$ - ümumi xətadır.

Sensor yuxarı hədd (tavan) ilə üzbəüz şəkildə şaquli vəziyyətdə dayaq üzərinə qoyulur. Belə bir yer məkandakı digər obyektlərdən mümkün əks olunmalar və ölçülən obyektlərin daha asan müəyyənləşdirilməsi üçün seçilir. Laboratoriyada ultrasəs sensoru ilə 3 metr məsafənin ölçülməsi həyata keçirilir. Ölçmə proseduru tənzimlənən hündürlük ştativindən istifadə edərək sensor və yuxarı hədd (tavan) arasındakı məsafəni tədricən artırmaqdan ibarətdir. Sensorun ölçülmüş məsafəsi, standart məsafəni təyin etmək üçün həmişə lent ölçüsü ilə yoxlanılır [76, s.53]. Standart sayğacın dəqiqliyi $\Delta = (0.3 + 0.2l)\,(\text{mm})$ kimi hesablanır. Burada Δ - ölçmə xətası, l - ölçü uzunluğudur. Cədvəl 1.2.4-də hər ölçülən məsafə üçün maksimum xəta sayğacı göstərilir.

Cədvəl 1.2.4.

Lent-ölçüdən istifadə edərək ölçmə xətaları

Xəta limitləri (mm)					
1m	2m	3m	5m	8m	10m
±0,4	±0,6	±0,8	±1,2	±1,8	±2,2

Nəticələr cədvəlində dəyərlər öz sayğac uzunluğu kimi ölçülür (ölçmə lenti), ultrasəs sensoru qiymətləndirilir və nəticədə ümumi ölçmə xətası müəyyən edilir. Sensorun dəqiqliyi sütununa ultrasəs sensoru ilə yoxlanılmış dəqiq cihaz da daxil edilmişdir. 6m aralığında məsafə ölçmə proseduru əvvəlki vəziyyətdə olduğu kimi həyata keçirildi [72, s.534]. Hər iki vəziyyətdə də hesablama sensorunun dəqiqliyi 3m-ə qədər olan əsas sensor ölçmə məsafələri üçün dəqiqlik sinfinin təyin edilməsi ilə eynidir. Verilənlər cədvəlinə görə, ultrasəs sensor ötürücüləri şüa bucağını 55°olaraq təyin edir.

Tələb olunan parametrlərlə yuxarı hədd (tavan) hündürlüyü olan müvafiq otaq seçildiyi halda və sonuncu ölçmə 6m aralığında həyata keçirildiyi halda nəticələr cədvəl 1.2.5-də göstərilmişdir.

Cədvəl 1.2.5

6 m-ə qədər ölçmə

	I_M (sm)	I_S (sm)	Δ_S (sm)	Δ_M (mm)	$\Delta_{S\ CLK}$ (sm)	tp (%)
1	395	394	-1,00	±1,2	±1,12	
2	421,9	424	2,19	±1,2	±2,31	
3	451,6	453	2,58	±1,2	±2,72	
4	486,7	484	-2,52	±1,2	±2,67	0,8(0,6)
5	516,5	514	-2,51	±1,8	±2,68	
6	545,5	544	-1,28	±1,8	±1,49	
7	576,5	573	-3,51	±1,8	±3,66	
8	606,5	604	-2,52	±1,8	±2,67	

9	634	634	0,00	±1,8	±0,17	

Tavanın tələb olunan parametrləri 6 m-dən çox olduğu halda nəticələr cədvəl 1.2.6-dakı kimi göstərilir.

Cədvəl 1.2.6

6m-dən çox ölçmə

Istiqamət	I_S(sm)	I_M (sm)	l (sm)	Δ_S (sm)	Δ_M (sm)
Sol	151	150	133	28,4	29,4
Sağ	151	150	133	27,6	28,4
Ön	150	148	131,5	28,4	29,7
Arxa	149	147	130,5	27,4	29,9
$\Delta_{S\ CLK}$ (sm)				≈56,0	≈59,3

Cədvəl 1.2.7-də sensorun qütb koordinatlardakı şüalanma nümunəsi göstərilir. Bu təcrübənin sadə reallaşdırılması sayəsində 150 sm ölçülmüş məsafə seçilmişdir.

Cədvəl 1.2.7

Şüa bucağının ölçülməsi

	I_M (sm)	I_S (sm)	Δ_S (sm)	Δ_M (mm)	$\Delta_{S\ CLK}$ (sm)	tp (%)
1	735	732	3,0	±1,7	±3,17	0,4* (0,37)
* Aralıq qurulması XR=8m						

1.2.2. Ultrasəs sensorunun tənzimlənməsi, çıxış siqnallarının aproksimasiyası

Yeni idarəetmə sistemlərində, məsələn, ağıllı avtomobillər üçün məsafələri bir neçə santimetrdən bir neçə metrədək ölçə bilən yeni sensorlar tələb olunur. Parklama vasitələri, habelə ağıllı dayandırmalar və faranın tənzimlənməsi və bu kimi digər

proseslər təmassız sensorlarla məsafənin ölçülməsini tələb edir. Məsafəni ölçmək üçün bir neçə fərqli fiziki prinsip istifadə edilə bilər, lakin qiymət hədləri faktiki seçimləri çox məhdudlaşdırır. Araşdırılan maraqlı ehtimallardan biri uçuş texnikasının məlum vaxtına əsaslanan ultrasəs sensorlarının istifadəsidir [70, s.191]. Bu cür sensorlar olduqca ucuzdur və səs-küylü açıq hava şəraitində həm dəqiqliyi, həm də hərəkətləri ilə bağlı problemlər ortaya çıxsa da, bir neçə metrə qədər işləyir. Sensorun ətraf mühit şərtlərini qiymətləndirməsi və sonra bu şərtlərə uyğunlaşma imkanı sayəsində onun göstəriciləri bir çox cihazlardan daha yaxşıdır [83, s.669]. Avtomobil sahəsindəki tipik tələbləri ödəmək üçün hazırlanmış sensorların göstəriciləri 0,1-0,3 m aralığında ölçülmüş məsafə və 0^0C – 40^0C temperatur aralığı, 1 mm standart qeyri-müəyyənlikdir. Məsafələrin ölçülməsi 1 m-ə qədər və daha geniş temperatur aralığında daha yüksək qeyri-müəyyənlikdə belə mümkündür. Nəqliyyat vasitəsinin gövdəsinin bir nöqtəsindən məsafə aşağıdakı kimi hesablanır:

$$D = k \cdot T_f \cdot V_s \qquad (1.2.2)$$

Burada, T_f - ultrasəs impulsunun uçuş vaxtı, yəni impulsun məsafəni qət etmək vaxtı, k - sensor dəyərlərindən asılı olan 0,5-ə yaxın sabit vahid, V_s - havadakı səs sürətidir.

Ölçülən k və V_s dəyişənləri bir-biri ilə təmasda olmadığı üçün, ölçülmüş məsafənin standart qeyri-müəyyənliyi aşağıdakı kimi ifadə edilə bilər [43, s.344].

$$u(D) = \sqrt{(k \cdot T_f)^2 \cdot u^2(V_s) + (k \cdot V_s)^2 \cdot u^2(T_f)} \qquad (1.2.3)$$

Burada, $u(V_s)$ və $u(T_f)$ səsin sürətinin və uçuş vaxtının standart qeyri-müəyyənlikləridir. Havada səsin sürəti temperaturdan və az dərəcədə havanın rütubətindən asılıdır. Rütubət 10% RH- 90% RH aralığında bərabər paylanmış təsadüfi dəyişən hesab edilərsə, onun səs sürətinə təsiri 20^0C-də təxminən 0.15% təşkil edir. Bu 0,3 m məsafə aralığı üçün təxminən 0.3 mm standart qeyri-müəyyənlik kontribusiyasına səbəb olur, buna görə də rütubət sensoru lazım olmur.

Ultrasəs sensor tənzimlənməsi və stimullaşdırıcı siqnallar gözlənilən əks-sədanın iki nümunəsi olaraq daha güclü əks-səda (maksimal amplitud) ötürücünü

siqnalla stimullaşdırmaqla əldə edilir [59, s.6]. Aşağı səs-küy şəraitində uyğun olan daha zəif əks-səda (maksimal amplitud) stimul siqnalından istifadə etməklə əldə olunur.

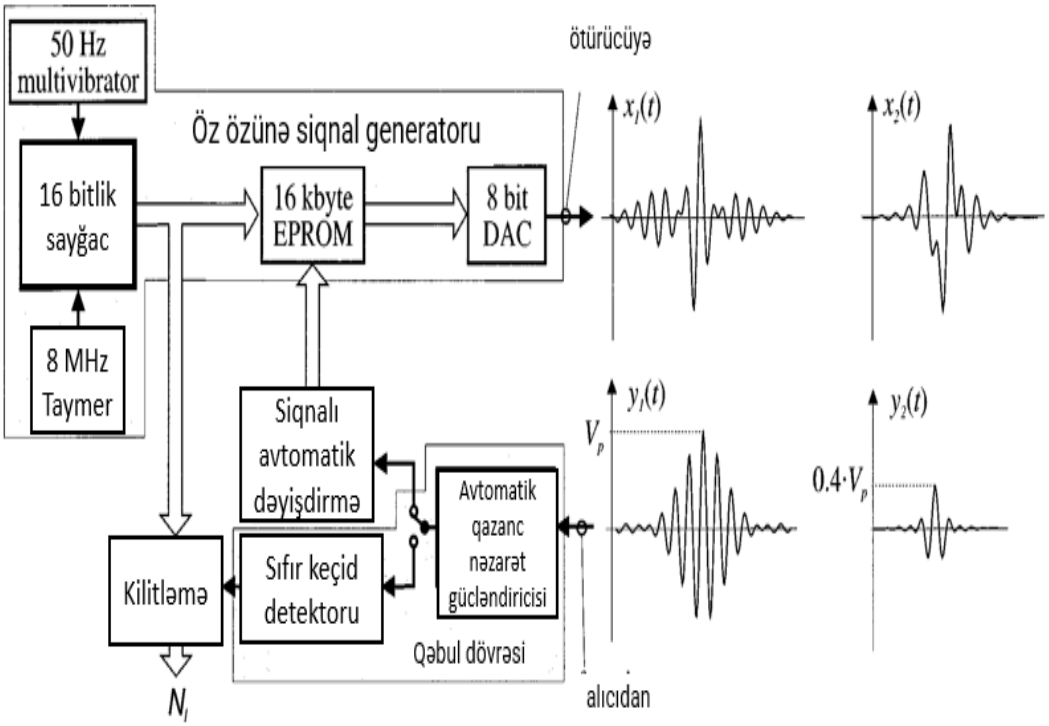
Səsin havadakı sürəti təqribi tənliyə görə temperaturdan asılıdır:

$$V_s \approx 20.055 \cdot \sqrt{T} \qquad (1.2.4)$$

burada T- mütləq temperaturdur. Beləliklə, 330–360 m/s aralığında səs sürətinin dəyişməsi, 0-40°C aralığında temperatur dəyişikliyi üçün gözlənilməlidir. Məsafənin təyin edilməsində belə bir təsir nəzərə alınmalıdır, bu səbəbdən temperatur sensoru tələb olunur. Ölçülmüş məsafənin qeyri-müəyyənliyinə təsir edən başqa bir amil, ultrasəs impulsunun yoluna perpendikulyar axan külək komponentinin eyni təsirini göstərən avtomobil sürətidir. Belə təsir impuls yolunun və nəticədə ölçülmüş məsafənin artmasından ibarətdir. Maksimum avtomobil sürəti səs sürətinin 10%-dir, avtomobil sürətinə görə məsafə xətası təxminən aşağıdakı kimi qiymətləndirilə bilər. 33 m/s (təxminən 120 km/s) avtomobil sürəti üçün 0°C-də məsafə xətası təxminən 0,5% -dir. Bu xəta avtomobil sürəti bilikləri ilə asanlıqla düzəldilə bilər. 0,1 m-0,3 m aralığında məsafənin ölçülməsi 0,5-2 ms aralığında uçuş vaxtının ölçülməsini tələb edir. Tələb olunan 1 mm məsafə standart qeyri-müəyyənliyi, uçuş vaxtını 2,5 s standart qeyri-müəyyənlik ilə, temperaturu 1°C standart qeyri-müəyyənliklə ölçməklə və rütubət sensoru istifadə etmədən əldə etmək olar. 30 kHz-5 MHz aralığındakı tezliklərə malik ultrasəs siqnalları impuls yaratmaq üçün istifadə edilə bilər [19, s.42]. Daha yüksək tezliklər daha aşağı dalğa uzunluqlarını və beləliklə potensial olaraq daha yaxşı görüntü imkanını nəzərdə tutduqları üçün üstünlük verilə bilər. Lakin tezlik artdıqca havadakı səs zəifləməsi kəskin şəkildə artır. Əlavə olaraq, daha yüksək tezliklər həm bahalı çeviricilər, həm də sürətli elektron cihazlar tələb edir. Bu səbəbdən ucuz tənzimləmənin əldə edilməsinə imkan vermir. Aşağı tezliklər aşağı-səpələnmə problemlərinin üstünlüyünə malikdir və ucuz çeviricilərlə əldə edilə bilər. Lakin havadakı dalğa uzunluğu bir neçə millimetr olur, ona görə dalğa uzunluğundan daha aşağı ölçmə qeyri-müəyyənliklərini əldə etmək üçün xüsusi üsul tələb olunur.

Alt dalğa uzunluğundakı qeyri-müəyyənliklərin əldə edilməsi üçün yaxşı nəticələr verən bir neçə yanaşma araşdırılıb [12,s.37]. Lakin təklif olunan həllər, ümumiyyətlə əldə edilmiş verilənlərin rəqəm işlənmə formasının istifadəsini tələb edir və bununla da sensorun qiymətini artırır. Sensor ultrasəs impulsunu yaratmaq üçün 40 kHz kommersial pyezoelektrik rezonans çeviricilərdən istifadə edir [51, s.56]. Ümumiyyətlə, mühafizə sistemlərində istifadə olunan bu tip çeviricilər suya davamlı konteynerlərdə mövcud olur. Yaradılan siqnalın müddəti 20°C-də təxminən 9 mm-lik dalğa uzunluğuna bərabər olan 25 s olur. Buna görə də tələb olunan qeyri-müəyyənliyi əldə etmək üçün alt dalğa uzunluğunun aşkarlanması lazım olur. Ultrasəs sensor tənzimlənməsi şəkil 1.2.3-də göstərilmişdir.

Tələb olunan 2.5 s standart qeyri-müəyyənlik, əsasən ixtiyari siqnal generatoru və sıfır kəsişmə detektorundan ibarət olan xərcsiz tənzimləmə ilə əldə edilir. Siqnal generatoru yaradılacaq siqnallara uyğun nümunələrdən ibarət 16 kbaytlıq EPROM-dan, EPROM-un skan edilməsi üçün istifadə olunan 16 bitlik sayğacdan və ötürücü pyezoelektrik çeviricini qidalandıran 8 bitlik rəqəm-analoq çeviricidən ibarətdir. Sıfır keçid detektoru iki giriş detektorundan ibarətdir. Girişdə qəbul edilmiş siqnal maksimalının bir hissəsi olan birinci detektor, alınan nəticəni ikinci detektorla müqayisə etməyə imkan verir.



Şəkil 1.2.3. Ultrasəs sensor tənzimlənməsi

Bu siqnal bölgəsində maksimum maililikdə aşkarlanmanı əldə etməyə imkan verir və beləliklə, səs effektlərini minimuma endirir. EPROM-da saxlanılan stimul siqnalları, əks-sədaların müxtəlif dövrlərində yanan ilk giriş detektorunun qarşısını almaq üçün kifayət qədər məhdud olan əks-sədaları əldə etmək üçün xüsusi olaraq hazırlanır. Bu cür xüsusi siqnallar əks-səda zirvəsini sabit dəyərə çatdırmağı məhdudlaşdırarkən əks-səda enerjisinin minimuma endirilməsinə əsaslanan məhdud optimallaşdırma üsulu ilə hazırlanır. Sabit amplituda ən məhdud əks-sədanı əldə etməyə imkan verən optimal hərəkətverici siqnal (1.2.5) və (1.2.6) tənliklərin həlli ilə əldə edilir:

$$X_{opt}(f) = -\frac{1}{2}\lambda_1 \cdot \frac{H \cdot (f)}{H(f)^2 + \lambda_2} \tag{1.2.5}$$

$$Y_p(f) = -\frac{1}{2}\lambda_1 \cdot \frac{H(f)^2}{H(f)^2 + \lambda_2} \tag{1.2.6}$$

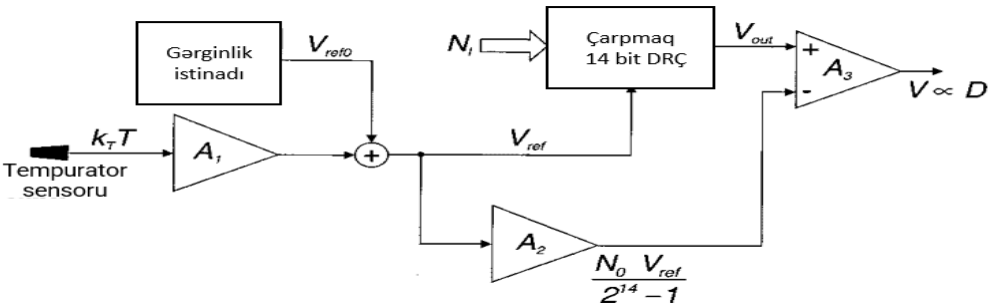
$H(f)$ - burada ötürücü, çoxalma mühiti və qəbuledicidən ibarət olan ötürmə kanalının tezlik reaksiyasıdır, λ_1 və λ_2 parametrləri isə qeyri-xətti tənliklər sistemini ədədi üsulla həll edərək hesablanan Laqranj hasilləridir.

$$-\frac{1}{2}\lambda_1 \cdot \int_{-\infty}^{\infty} \frac{H(f)^2}{H(f)^2+\lambda_2} df = \alpha \cdot y_{pmax} - \frac{\lambda_1^2}{4} \cdot \int_{-\infty}^{\infty} \frac{H(f)^2}{H(f)^2+\lambda_2} df = W$$

(1.2.7)

W- burada stimullaşdırıcı siqnalın buraxılan maksimum enerjisidir və tələb olunan maskimal amplituddur.

Optimallaşdırma üsulu geniş istifadə edlən üsullardan biridir. Optimallaşdırma nəticəsi seçilmiş əks-səda amplitidundan asılıdır [16, s.64]. Tələb olunan amplitud nə qədər aşağıdırsa, əks-səda da bir o qədər daralır və beləliklə müəyyən nisbi səs-küy amplitidunun yandırılma ehtimalı o qədər az olur. Buna nümunə olaraq temperatur kompensasiyasını missal göstərmək olar. Temperatur kompensasiya dövrəsi sxemi şəkil 1.2.4-də göstərilmişdir.



Şəkil 1.2.4. Temperatur kompensasiya dövrəsi sxemi.

İstənilən şəraitdə istifadə etmək üçün ən yaxşı siqnal faktiki səs-küyün miqdarından asılıdır [75, s.157]. Sensor əks-sədasız intervallarda giriş siqnalına nəzarət edərək faktiki səs-küyü qiymətləndirən sadə səs ölçmə sistemindən ibarətdir. Səs ölçmə sisteminin çıxışı aşağı, orta və yüksək səs-küy şəraitində yaxşı nəticələr almaq üçün hazırlanmış üç optimal siqnal arasından keçmək üçün istifadə olunur. Bundan əlavə,

əks-səda amplitudu əsasən yerin əks etdirməsindən və məsafəsindən asılıdır. Bu cür effektlər qəbuledici dövrədə avtomatik nəzarət gücləndiricisindən istifadə edərək minimuma endirilir və əks-səda amplitudu sabit qiymətdə saxlanılır. Bu ilk detektorun sabit girişinin (həddinin) istifadəsinə imkan verir. Sıfır kəsişmə detektorunun çıxışı əks-sədanın çatma vaxtında əldə olunan dəyərdə sayğac çıxışını donduran fiksatoru idarə etmək üçün istifadə olunur. Yeni əks-səda aşkar olunmursa fiksator çıxışı yenilənmir, bununla da mənasız ölçmələrin qarşısı alınır. Faktiki olaraq sabit qiymət, uçuş vaxtına uyğun hesablamaların və məlum sabit qiymətin cəmidir ki, bu da stimullaşdırıcı siqnalların EPROM-da saxlanılma üsulundan və birinci detektorun giriş səviyyəsindən asılıdır [20, s.42]. Sistemin vaxt bazası 8 MHz-də işləyir. Buna görə də vaxt həlli (vaxtın görüntü imkanı) 125 ns-dir və maksimum ölçülə bilən uçuş müddəti 1 m-dən çox məsafəyə uyğun təxminən 8 ms-dir. 50 Hz multivibrator sayğacı yenidən işə salaraq hər 20 ms-də sayğacın oxunmasını təmin edir.

Hava temperaturunun ölçülməsi 10 mV/C həssaslığa k_T malik olan bərk (sərt) sensor vasitəsi ilə həyata keçirilir. Sensor ölçmə başlığının içərisinə quraşdırılır və 1 C-dən az kalibrlənməmiş xətaya malikdir. Uçuş vaxtına mütənasib olan gərginlik $V_{çıx.}$ yaratmaq üçün aşağı qiymətli 14 bitlik (RAÇ-rəqəm analoq çevirici) çarpan qapalı sayğac çıxışı N_l ilə təmin olunur:

$$V_{çıx} = V_{ref} \cdot \frac{N_l}{2^{14} - 1} \qquad (1.2.8)$$

Rəqəm analoq çevirici rəqəm giriş sayğacının ən əhəmiyyətli bitlərinə qoşulur və az əhəmiyyət kəsb edən bit 0,5 saniyəlik vaxt aralığına uyğun gəlir. Rəqəm analoq çeviricisinin gərginlik referansı V_{ref}, temperatur sensoru ilə yaradılan gərginliyin kalibrlənmiş fraksiyasını sabit referansla V_{ref0} toplayaraq əldə edilir və beləliklə, düstura uyğun olaraq temperaturla mütənasib gərginlik yaranır.

$$V_{ref} = V_{ref\,0} + A_1 + k_T \cdot T \qquad (1.2.9)$$

Əmsalın A_1 dəyərlərini tənzimləyərək, səs dəyişməsinin sürətini qismən kompensasiya edən temperaturla V_{ref} dəyişiklik əldə etmək mümkündür. Kompensasiya tam deyil, çünki səsin sürəti temperaturun kvadrat kökünə görə dəyişir və referans gərginliyi temperaturla bərabər, xətti olaraq dəyişir. Qalıq temperatur effekti V analitik olaraq havadakı səs sürətinin və temperaturdan asılı referans gərginliyin çıxış gərginliyinə təsirlərini müqayisə edərək qiymətləndirilmişdir. Gözlənilən temperatur effekti 0°C - 40°C aralığında 0,03% -dən azdır (0,3 m ölçülən məsafədə təxminən 0,1 mm). Temperatur dərəcəsi 20°C-70°C aralığında olarsa, eyni effekt təxminən 0,1% (0,3 m üçün 0,3 mm) olur ki, bu da avtomobil sensorlarının münasib temperatur dərəcəsidir.

Analoq dövrə əməliyyat gücləndiriciləri A_2 və A_3 ilə tamamlanır və çıxışda sabit koda uyğun gərginlik yaranır və bu da yalnız məsafəyə mütənasib gərginlikdir.

Sensor əvvəlcə kalibrlənmiş və laboratoriyada 0,1-0,6 m məsafə aralığında və 0°C -40°C temperatur aralığında sınaqdan keçirilir. Məsafəyə uyğun 0.3 mm xəttiliyin təcrübi standart yayınması olduğu aşkar edilmişdir. Bu halda temperatur effekti gözlənildiyi kimi 0,2 mm-dən az standart yayınmaya səbəb olur.

Havanı dəyişən sürətli sərinkeşlə hərəkət etdirərək 10 m/s sürətə qədər hava burulğanlıq effekti araşdırılmışdır, səs-küy ölçmə sistemi və siqnal avtomatik dəyişdirmə qurğusu, əlavə pyezoelektrik çevirici ilə süni şəkildə ultrasəs yaradaraq sınaqdan keçirilmişdir [53, s.43]. 0°C-40°C aralığında temperatur və 0,1-0,6 m aralığında olan məsafələr üçün akustik səs olmadığı təqdirdə məsafənin hamar səthdən ölçüldüyü zaman ümumi standart qeyri-müəyyənlik 1 mm-dən yaxşıdır.

Ölçmə başlığı avtomobilin hərəkəti zamanı yay hündürlüyünü ölçmək üçün dörd potensiometr sensoru ilə təchiz edilmiş avtomobilin arxasına quraşdırılmışdır. Ultrasəs sensoru və potensiometr çıxışlarını qeyd etmək üçün portativ rəqəm qeyd cihazı istifadə edilmişdir. Dörd potensiometr çıxışı ölçülmüş ultrasəs məsafə ilə müqayisə ediləcək məsafə referans dəyərini hesablamaq üçün istifadə edilmişdir. Potensiometrlər vasitəsilə ölçülən yay hündürlüyünə şin deformasiyalarının əlavə edilməsi ilə qiymətləndirilmiş son yay hündürlüyü, avtomobil gövdəsinin müstəvisini

təyin etmək üçün istifadə edilmişdir. Ultrasəs sensorunun istehsal etməli olduğu məsafəyə uyğun olan məsafə referans dəyəri ölçmə başlığı koordinatlarını təyin edilmiş faza tənliyinə daxil edərək təyin edilmişdir.

Ətraf mühit şəraitinə öz-özünə uyğunlaşan məsafə sensorunda sensor səs-küy ölçmə sistemindən və ötürücünü idarə etmək üçün istifadə olunan siqnalın avtomatik dəyişdirmə qurğusundan ibarətdir və beləliklə, müxtəlif şərtlərdə ən yaxşı dəqiqliyi təmin edir. Sadəliyinə və ucuzluğuna baxmayaraq, bu sensorlar sakit şəraitdə 1 mm-dən yaxşı görüntü imkanlarının əldə edilməsinə imkan verir. Sensor çıxışı hər 20 ms-də yenilənir və əlavə rəqəm çıxış avtomobil hesablama sistemi vasitəsi ilə hamarlaşdırma texnikasının asanlıqla həyata keçirilməsinə imkan verir. Alınan ölçülər faraların düzəldilməsi və aktiv dayandırma sistemlərinə vacib məlumat verilməsi üçün kifayət qədər dəqiqdir.

İntellektual funksiyaları icra etmək üçün ölçmə sistemləri uyğun aparat və proqram vasitələri ilə təmin edilməli olur. Artıq müxtəlif intellektual ölçmə vasitələri, o cümlədən sensorlar, mikroelektronika və mikroprossesor texnikasının nailiyyətlərinin inteqrallaşdırıldığı intellektual ölçmə çeviriciləri və vericilər kütləvi istehsal olunur. Belə çeviricilərin və vericilərin icra etdiyi intellektual funksiyaların sırasına ətraf mühitin təsirlərinin azaldılması, özünü diaqnostika, məntiqi və idarəetmə əməliyyatlarının icra edilməsi, qərarların qəbul edilməsi, sensorların identifikasiyası (tanınması) və bu kimi əməliyyatlar daxildir. Bu zaman intellektual ölçmə sistemi həm də özünün çevirmə xarakteristikasını xəttiləşdirmə, ölçmə nəticəsinin xətasını təyin etmə və ölçmə nəticələrini ölçmə xətalarının müşayəti ilə təqdim olunması məsələlərini və s. həll edir [1, s.15], [34, s.65], [32, s.257]. Istehsalatın mürəkkəbləşməsi, müxtəlif istiqamətlərdə elmi-tədqiqat və sınaq işlərinin inkişaf etdirilməsi yüzlərlə, bəzən, hətta minlərlə fiziki kəmiyyətlərin eyni zamanda ölçülməsi və ya onlara nəzarət edilməsi zərurətinə gətirib çıxardığı zaman müəyyən bir düzgün qərarın qəbul edilməsi tək-tək ölçmələrin deyil, intensivliyi ölçülən kəmiyyətlərin sayının və tezlik diapazonunun artması hesabına çoxalan informasiya axını əsasında icra edilməli olur. Həm də belə qərarların qəbul edilməsi parametrlərinə nəzarət edilən prosesin ritmində, real zaman miqyasında

informasiyanın alınmasını tələb edir. Ölçmələrin məhsuldarlığına qoyulan bu tələb isə onların yüksək səviyyədə avtomatlaşdırılmasını zəruri edir. Kütləvi ölçmələrin yerinə yetirilməsi tələbi ölçmə, informasiyanın yığılması, çevrilməsi, emal edilməsi, ötürülməsi və s. proseslərini avtomatlaşdırmaqdan əlavə, həm də ölçmə sistemlərinin funksional imkanlarının genişləndirilməsini zəruri edir. Kompüterlərin, mikrokontroller və mikroprosessorların ölçmə vasitələrinin tərkibinə daxil edilməsi, alqoritmləşdirmə və proqramlaşdırma üsullarının inkişafı ölçmə vasitələrinin intellektual imkanlarının artırılmasına şərait yaratmışdır. İntellektual çevirici və ya vericilərin informasiya-ölçmə sistemlərinin tərkibinə daxil edilməsində məqsəd fiziki kəmiyyətlərin ölçmə dəqiqliyini artırmaq, hesablama imkanlarının səmərəli paylanmasını təmin etmək, ölçmə sisteminin intellektual imkanlarını genişləndirmək, ölçmə sisteminin etibarlılığını və çevikliyini yüksəltməkdən ibarətdir [32, s.16].

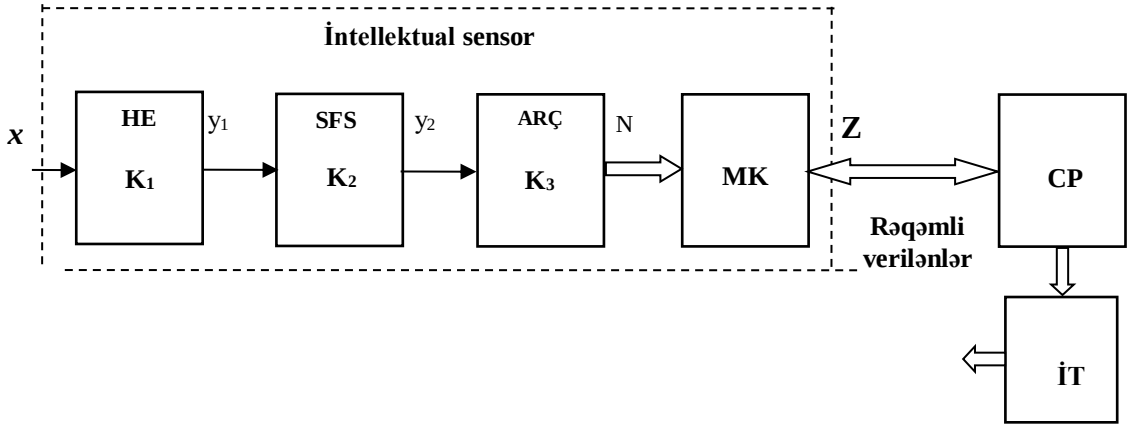
Konstruktiv olaraq sensorlar əsasən həssas elementlərdən və analoq funksional sxemlərdən ibarət olur [1, s.15].

Analoq funksional sxemlərin tərkibinə analoq siqnal formalaşdırıcıları (SFS) və analoq emaletmə sxemləri daxildir.

Həssas elementlər ölçülən kəmiyyəti qəbul edir və onu əvvəlcə mexaniki kəmiyyətə, sonra isə bir qayda olaraq, elektrik kəmiyyətinə çevirir.

Membranlı təzyiq sensorunda təzyiqin təsirindən membranın əyilməsi nəticəsində onun mərkəzi yerini dəyişir, yəni ölçülən təzyiq yerdəyişmə parametrinə (mexaniki kəmiyyət) çevrilir. Sonra membranın mərkəzinin yerdəyişməsi onun səthinə tozlandırılmış tenzomüqavimətin müqavimətinin dəyişməsinə (elektrik kəmiyyəti) çevrilir. Analoq çıxışlı ən sadə vericilərdə yalnız həssas element olur [33, s.39]. Daha çox yayılmış mürəkkəb vericilərdə isə həssas elementdən əlavə, həm də siqnal formalaşdırıcı sxemlər mövcuddur. Həssas elementin analoq funksional sxemi ilə birgə hazırlanması nəticəsində analoq çıxışlı inteqrallaşdırılmış vericilər yaradılmışdır. Daxilində analoq rəqəm çeviriciləri olan vericilərin çıxışında rəqəm siqnalı alınır. İneqrallaşdırılmış vericilərin daxilinə analoq rəqəm çeviriciləri, mikroprosessor və mikrokontrollerlərin yerləşdirilməsi ilə intellektual vercilərin yaradilmasının əsası qoyulmuşdur. Belə sensorlar çıxış siqnalı əsas kompüterdə

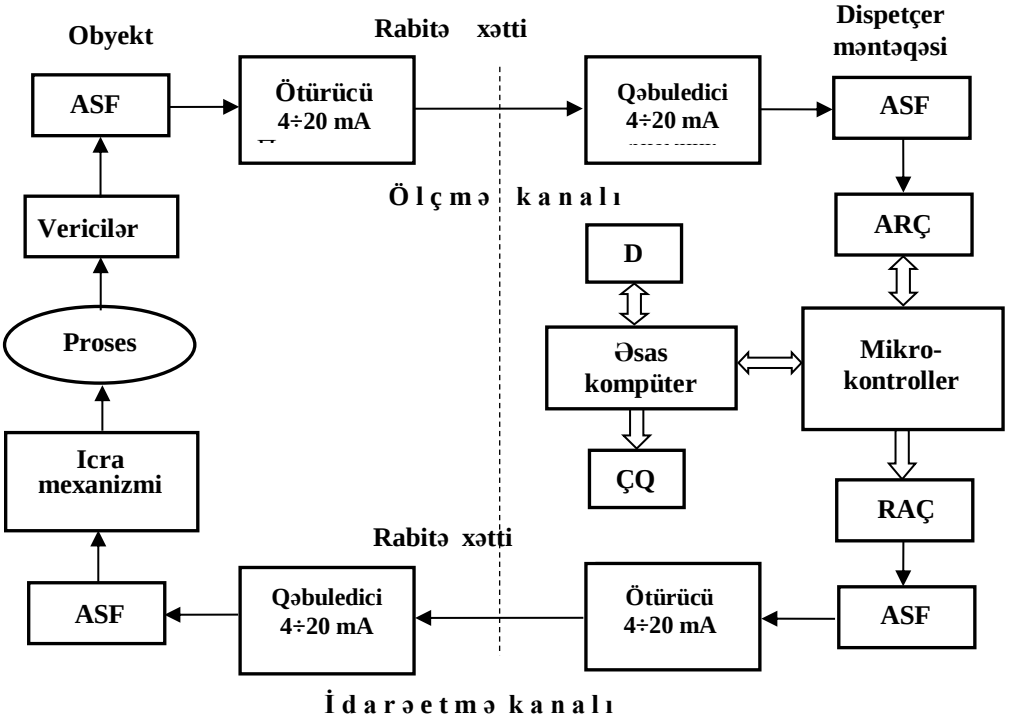
sonrakı emal və icra mexanizmlərinin idarə edilməsi üçün əlverişli olur. Sensorların intellektuallaşdırılması elektrik kəmiyyətini həssas elementdən qəbul edən, onu elektrik siqnalına çevirən və sonra rəqəmli emal edən ixtisaslaşdirilmış xüsusi funksional blokların köməyi ilə yerinə yetirilir. İntellektual vericilər ölçmə vasitələrinin yeni nəsli sayılır və analoq vericilərdən mərkəzi prosessorla bilavasitə əlaqə və ölçmə nəticələrinin rəqəm şəklində emal imkanlarının olması ilə fərqlənir. Beləliklə, intellektual sensorlar, ümumi halda, qida mənbəyindən, ölçülən kəmiyyətin çeviricisindən, siqnalların rəqəm formasında emal edilməsi üçün daxilə yerləşdirilmiş hesablama vasitələrindən, parametrləri identifikasiya sxemindən və sistemin digər funksional bloklar ilə birləşdirilməsi üçün interfeys sxemindən ibarətdir. İntellektual sensorların struktur sxemi şəkil 1.2.5-də verilmişdir [1, s.21].



Şəkil 1.2.5. İntellektual sensorların struktur sxemi

Ölçmə kanalına obyektdə qoyulan və onun fiziki parametrlərini (temperatur, təzyiq, nəmlik, özlülük, konsentrasiya, sıxlıq və s.) qəbul edib elektrik siqnalına çevirən sensorlar, analoq siqnal formalaşdıran sxemlər (kommutatorlar, analoq siqnalları seçib yadda saxlayan sxemlər, normallaşdırıcı çeviricilər), siqnal ötürücüləri, qəbuledicilər, rabitə xətti, analoq rəqəm çeviriciləri, mikrokontroller, ətraf qurğuları ilə birlikdə əsas kompüter (klaviatura, printer, displey və s.) daxildir. Nəticədə, sensorların intellektuallaşdırılması mümkün olmuşdur. Bu tip sensorlar özünüdiaqnostika, özünükalibrləmə, xəttiləşdirmə, siqnalları süzgəcləmə funksiyalarını yerinə yetirir [28, s.270].

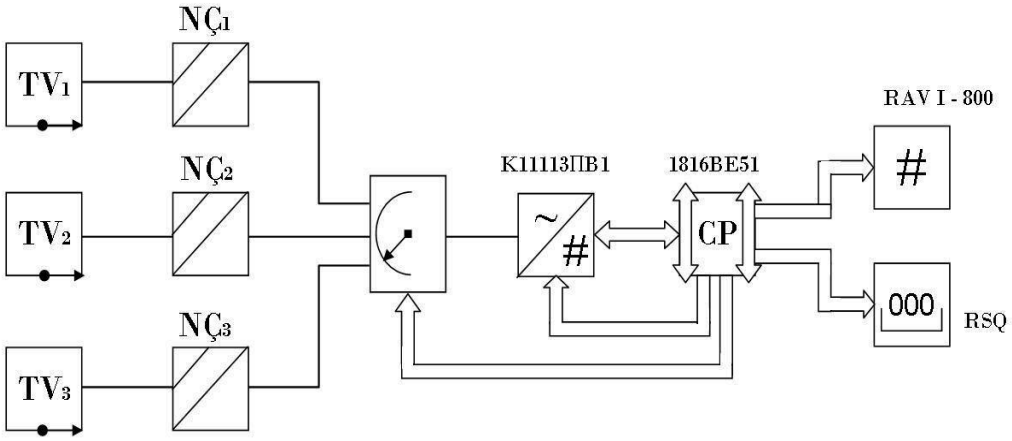
İntellektual informasiya-ölçmə və idarəetmə sisteminin struktur sxemi şəkil 1.2.6-da göstərilmişdir [1,s.29].



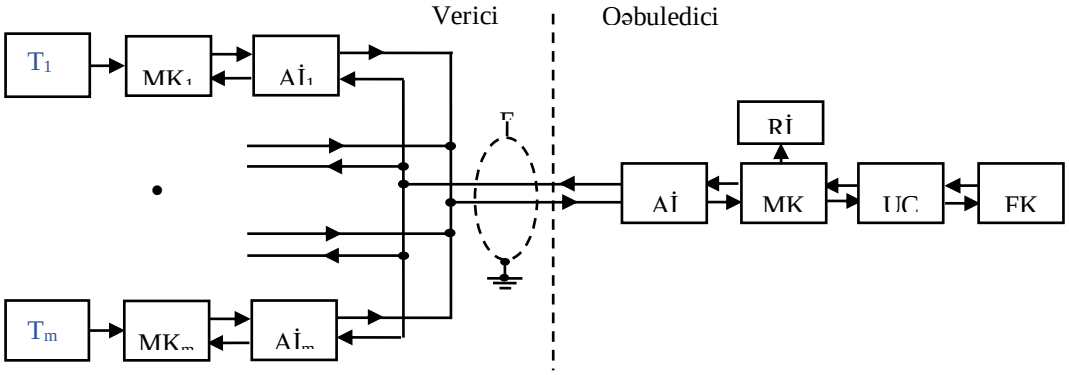
Şəkil 1.2.6. İntellektual informasiya-ölçmə və idarəetmə sisteminin struktur sxemi

Robotlaşdırılmış nəzarət və diaqnostika sistemlərində obyektlər çox hallarda avtomatik olaraq təyin edilir, seçilir, nəzarət mövqeyinə qoyulur və uyğun intellektual funksiyaların yerinə yetirilməsi lazım gəlir. Temperaturu ölçən informasiya sistemi 3 ədəd TCM-277-01 tipli temperatur sensorundan (termomüqavimət), 1 ədəd Kp590KH6 tipli 8 girişli kommutatordan, Ş79 tipli unifikasiya (normallaşdırıcı) çeviricidən, K11113PV1 tipli 10 mərtəbəli analoq-rəqəm çeviricisindən, K1816VE51 tipli proqramlaşdırıla bilən universal kontrollerdən, informasiyanı təqdim edən rəqəm göstərici qurğudan (K9Q), RAVİ-800 tipli hərf-rəqəm çapetmə qurğusundan ibarətdir. Termomüqavimət elektrik dövrəsinə qoşulur və ətraf mühitlə istilik mübadiləsində olur. Termomüqavimətin materialına müqavimətin temperatur əmsalının mümkün qədər böyüklüyü, ətraf mühitin təsirinə kimyəvi dayanıqlığı, kifayət qədər möhkəmliyi, böyük xüsusi

elektrik müqaviməti kimi tələbatlar qoyulur. Termomüqavimətlər əvvəlcədən qızdırılmayan və çox qızdırılan növlü olurlar [22, s.243]. Əvvəlcədən qızdırılmayan çeviricilərdə rezistordan axan cərəyan onu qızdırmır və termorezistorun temperaturu mühitin temperaturu ilə müəyyən olunur. Bu cür termomüqavimətlər temperaturu ölçmək üçün istifadə olunur. Çox qızdırılan çeviricilərdə cərəyanın yaratdığı qızdırılma mühitin xassələrindən asılı olur. Temperaturu ölçən informasiya sisteminin struktur sxemi şəkil 1.2.7 (a)-da və PIC18F452 mikrokontrolleri əsasında temperaturu ölçən intellektual sistemin struktur sxemi şəkil 1.2.7 (b)-də göstərilmişdir.



Şəkil 1.2.7 (a) Temperaturu ölçən informasiya sisteminin strukturu

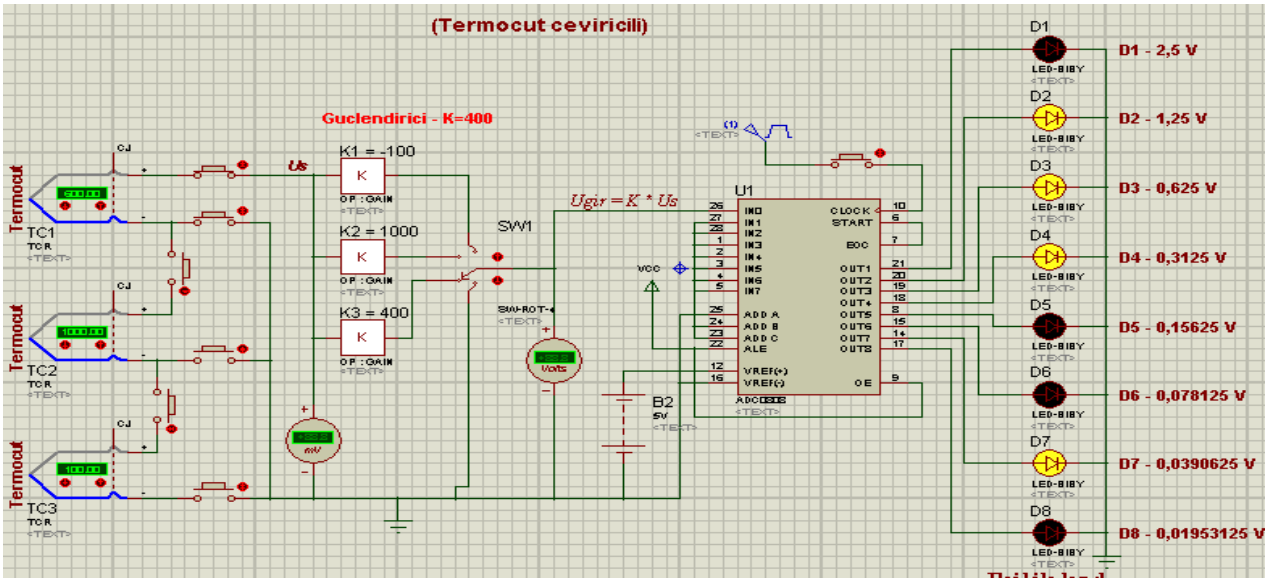


Şəkil 1.2.7 (b)Temperaturu ölçən intellektual sistemin struktur sxemi

Temperaturu ölçən intellektual sistemin struktur sxemində [6, s.106] T_1-T_m – Metran-286 temperatur vericisi, MK, MK_1 və MK_m – PIC18F452 mikrokontrolleri, Aİ, $Aİ_1$ və $Aİ_m$ – RS 485 ardıcıl interfeysi, E – ekran örtüklü kabel, UÇ – MAX 232-uzlaşdırıcı (uyğunlaşdırıcı) çevirici, Rİ – rəqəmsal indikator, FK – fərdi kompüterdir.

Temperaturu ölçmək üçün əsasən kontaktlı və kontaktsız metodlardan istifadə olunur. Birinci qrup metodlarda istiliyin ötürülməsi kontakt yolu ilə istilikvermə prinsipinə əsaslanır. Kontaktsız ölçmə metodları istiliyin şüalanma yolu ilə ötürülməsinə əsaslanır və əsasən optik pirometrlərdə istifadə edilir [21, s.42]. Bu çeviricilər yalnız temperaturu ölçmək üçün deyil, həmçinin yerdəyişmə və ölçüləri, maye və qaz maddələrin sürət və sərfini, qazların kiçik konsentrasiyalarını, nəmliyi ölçmək və hətta qaz qarışıqlarının kimyəvi analizi üçün istifadə olunur. Bütün bu hallarda istilik prosesləri gedişinin mühitin istilik keçiriciliyi, istilik mübadiləsi səthinin sahəsi, mühitin hərəkət sürəti, istilik keçirici mühitin konsentrasiyası və s. faktorlardan asılılığından istifadə olunur. Bu cür çeviricilərin tezlik xarakteristikası termorezistorun yerləşdiyi mühitin temperaturunun dəyişmə amplitudundan asılıdır.

PIC18F452 mikrokontrolleri əsasında temperaturu ölçən intellektual sistemin struktur sxemini Proteus proqram mühitində göstərmək olar.Proteus proqram mühitində temperatur ölçmə informasiya sisteminin işləmə sxemi şəkil 1.2.8-də göstərilmişdir.



Şəkil 1.2.8. Proteus proqram mühitində temperatur ölçmə informasiya sisteminin işləmə sxemi

Termomüqavimətlər üçün əsasən mis, platin və nikeldən istifadə olunur. Elektrolitik mis 180°C-dən artıq olmayan temperatura qədər qızdırılmağa imkan verir. Mis termomüqavimətlərin çevirmə tənliyi -50°C-dən +180°C-yə qədər demək olar ki, xəttidir və aşağıdakı düstur üzrə hesablanır.

$$R_t = R_0\left(1 + \alpha t\right) \qquad (1.2.10)$$

burada, α müqavimətin temperatur əmsalı olub, 0°C - 100°C temperatur intervalında 4,3 x 10^{-3} 1/°C-yə bərabərdir, t- temperatur, R_0 - 0^0C- dəki müqavimətdir.

Platin termomüqavimətlər 1200°C-yə qədər qızdırılmağa imkan verir. Çevirmə tənliyi qeyri-xəttidir və belə müəyyən olunur:

- 0°C-dən + 660°C-yə qədər intervalda $R_t = R_0\left(1 + At + Bt^2\right)$;
- 0°C-dən - 180°C-yə qədər intervalda $R_t = R_0\left[1 + At + Bt^2 + C\left(t - 100\right)^2\right]$

burada, A, B, C- sabit kəmiyyətlərdir.

+660°C-dən yuxarı və - 180°C-dən aşağı $R_t = f(t)$ asılılığı standartlaşdırılır.

Platin termomüqavimətlərin əsas çatışmazlığı çevirmə funksiyasının qeyri-xəttiliyidir. Ancaq, $R_t = f(t)$ asılılığının yüksək bərpa olma xassəsi, platinin dayanıqlığı və plastikliyi onu bir çox hallarda əvəzolunmaz edir.

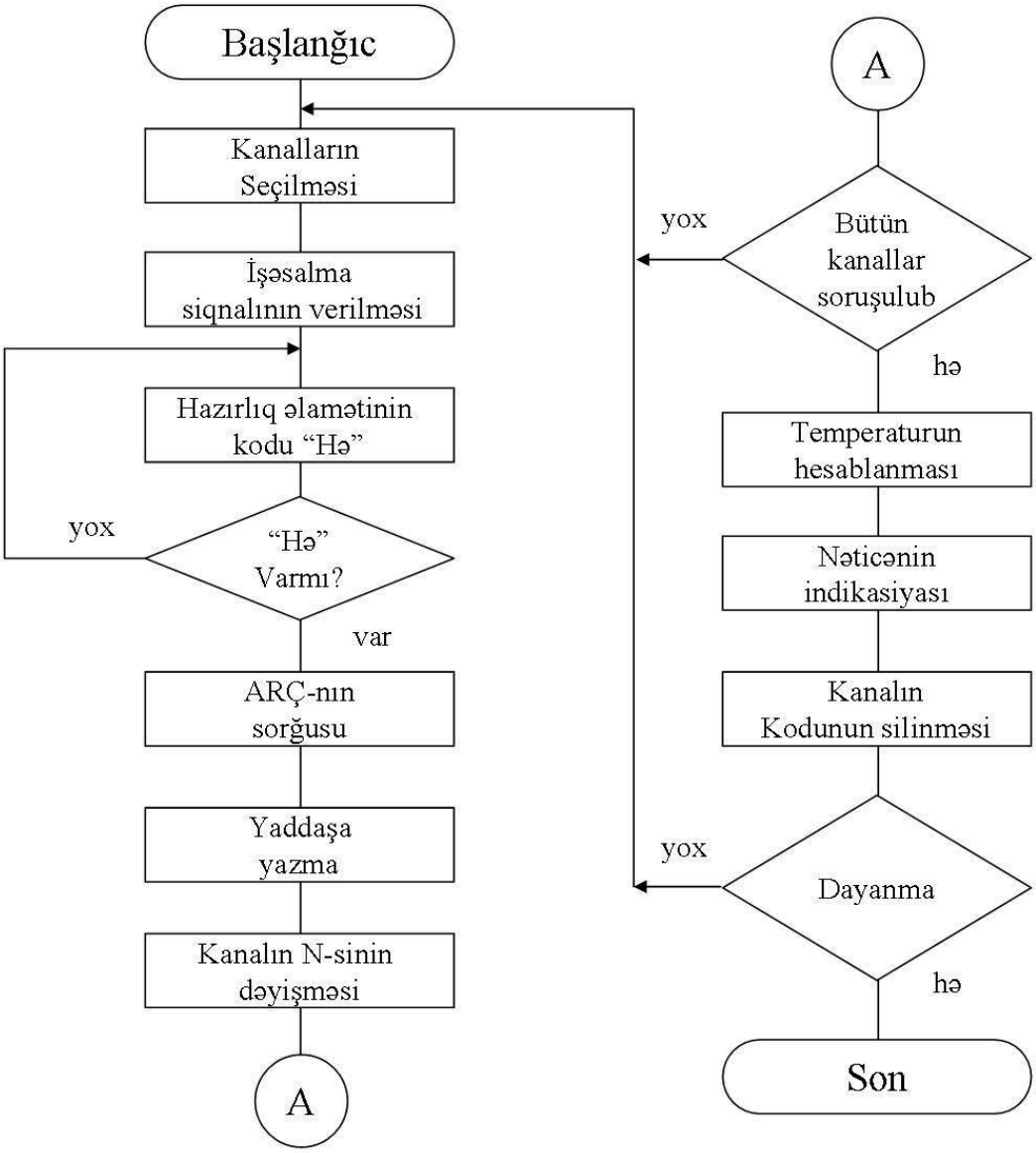
Nikel termomüqavimətlər -200°C + 500°C temperatura qədər tətbiq olunur. Daha böyük temperaturlarda $R_t = f(t)$ asılılığı birqiymətli olmur. Nikelin elektrik xassəsi qarışıqlardan və termiki işlənilmədən asılı olur. Nikelin əsas üstünlükləri xüsusi müqavimətin və müqavimətin temperatur əmsalının böyük olmasıdır.

Göründüyü kimi, sistem zamana görə siqnalların ayrılması prinsipi ilə işləyir. Mikrokontrollerdən verilən koda uyğun olaraq sistemin girişinə müəyyən ardıcıllıqla TV1 temperatur sensoru, sonra TV2 və sonra TV3 temperatur sensorları qoşulur. Termoçeviricidə yaranan müqavimət normallaşdırıcı vasitəsi ilə elektrik siqnalına (gərginlik və ya cərəyan) çevrilir. Elektrik siqnalı analoq-rəqəm çeviricisi vasitəsi ilə koda çevrilərək mikrokontrollerə daxil olur. Alınan kod mikrokontrollerdə müəyyən alqoritmlə emal edilir və termomüqavimətin yerləşdiyi mühitin temperaturu hesablanır. Temperaturun qiyməti rəqəmli göstərici qurğuda əks etdirilir [18, s.144].

Təzyiqini ölçən informasiya sistemi 3 ədəd Sapfir – 22DH tipli sensordan, 1 ədəd KP590KH6 tipli 8 girişli kommutatordan, K1113PV1 tipli 10 mərtəbəli analoq-rəqəm çeviricisindən, K1816VE51 tipli proqramlaşdırıla bilən universal

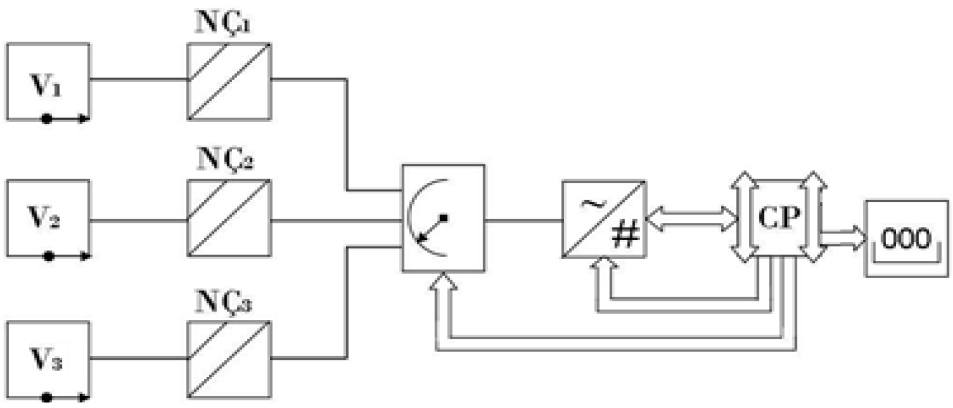
mikrokontrollerdən, ölçmə nəticəsini təqdim etmək üçün nəzərdə tutulan rəqəmli unifikasiya və hərf-rəqəm çapetmə qurğularından ibarətdir [6, s.147].

Temperaturu ölçən informasiya sisteminin işləmə alqoritmi şəkil 1.2.9-da göstərilib.



Şəkil 1.2.9 Temperatur ölçmə informasiya sisteminin işləmə alqoritmi

Təzyiqi ölçmə informasiya sisteminin ümumi strukturu şəkil 1.2.10-da göstərilmişdir.

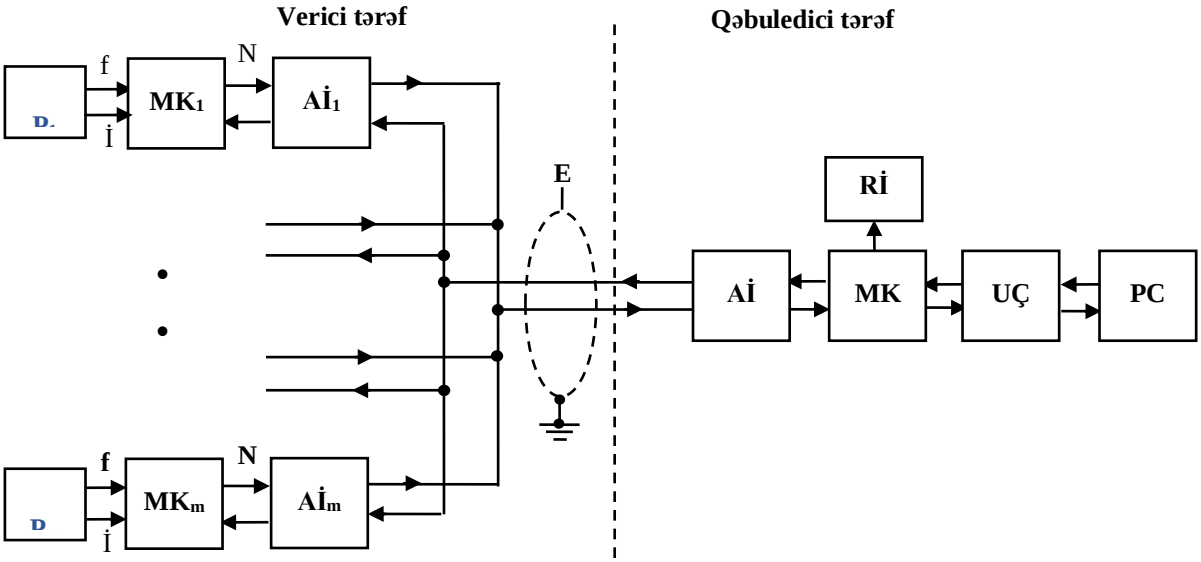


Şəkil 1.2.10 Təzyiqi ölçən informasiya ölçmə sisteminin ümumi strukturu

Sistemin işləməsi mikrokontroller tərəfindən idarə edilir. Mikrokontrollerdən verilən koda uyğun olaraq ardıcıllıqla TV1, TV2 və TV3 təzyiq sensorları qoşulur. Təzyiq sensorlarının çıxışlarında yaranan elektrik siqnalı analoq-rəqəm çeviricisi vasitəsi ilə 10 mərtəbəli koda çevrilərək mikrokontrollerə daxil olur. Alınan kod mikrokontrollerdə müəyyən alqoritmlə emal edilir və təzyiq hesablanır. Təzyiqin qiyməti rəqəm göstərici qurğuda göstərilir. Ölçmə informasiya sistemi 3 ədəd Sapfir – 22DH sensorundan, kommutatordan, analoq-rəqəm çeviricisindən, mikrokontrollerdən, rəqəmli unifikasiya və çap qurğularından təşkil edilmişdir. Kommutator sensorların sorğusunu onların ünvanlarına uyğun olaraq idarəedici girişlərinə verilən siqnalların məntiqi səviyyəsindən asılı olaraq yerinə yetirir [14, s.147]. Mikrokontrollerdən kommutatorun idarəedici girişlərinə sensorların ünvanına uyğun kodlar verilir və bununla sensorların çıxışları kommutatorun informasiya girişlərinə qoşulur [104, s.147]. Sensor seçildikdən sonra mikrokontrollerdən analoq-rəqəm çeviricisini işəsalma siqnalı verilir və analoq-rəqəm çeviricisinin işə buraxılması nəticəsində analoq siqnal 10 mərtəbəli koda çevrilir. Bu çevirmə başa çatdıqdan sonra analoq-rəqəm çeviricisi onun yeni çevirmə üçün hazır olması haqqında "hazırlıq əlamətini" bildirən siqnal yaradır. Bu siqnaldan sonra mikrokontrollerdən çeviriciyə sorğu siqnalı verilir və onun çıxışındakı kod kontrollerə daxil olur və uyğun massivlə yaddaşa yazılır. Yeni sensorların çıxış siqnallarını almaq üçün mikrokontroller kanalın nömrəsini bildirən kodu dəyişdirir və

beləliklə, digər sensorların sorğusu yerinə yetirilir. Bütün kanalların sorğusu başa çatdıqdan sonra ölçülən kəmiyyətin qiyməti aşağıdakı düsturla hesablanır.

Nümunə kimi neftin təzyiqi ölçən informasiya ölçmə sisteminin strukturunun elementlərlə təsviri şəkil 1.2.11-də göstərilmişdir.



Şəkil 1.2.11 Neftin təzyiqini ölçən informasiya ölçmə sisteminin struktur sxemi

Burada, P_1, P_m - boru kəməri ilə axıdılan neftin təzyiqini cərəyan, gərginlik və yaxud tezlik siqnalına çevirən təzyiq sensorları, MK, MK_1 və MK_m - geniş imkanlara malik olan PIC18F452 mikrokontrolleri, Aİ, $Aİ_1$ və $Aİ_m$ - informasiyanı nisbətən uzaq məsafəyə ötürən RS 485 tipli ardıcıl interfeys, E - maneəyə dayanıqlığı yüksəltmək məqsədi ilə ekran örtüklü kabel, UÇ - mikrokontrollerlə fərdi kompüteri uzlaşdıran MAX 232- uyğunlaşdırıcı bufer çevirici, Rİ - ölçmə nəticələrini əks etdirən rəqəmli indikator, FK - universal fərdi kompüterdir [6, s.154].

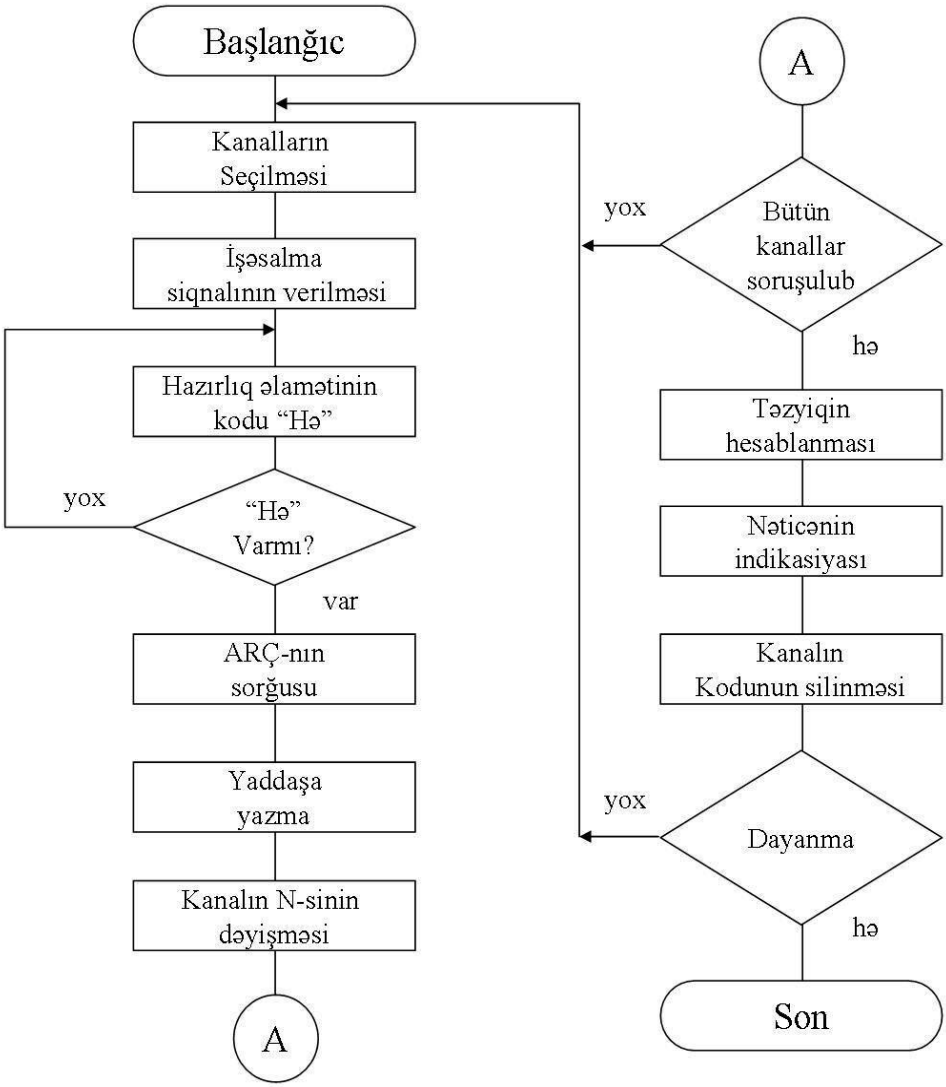
Beləliklə, kanalların seçilməsi baş verir. Sensor seçildikdən sonra mikrokontrollerdən analoq-rəqəm çeviricisini işəsalma siqnalı verilir və analoq-rəqəm çeviricisinin işə buraxılması nəticəsində analoq siqnal 10 mərtəbəli koda çevrilir. Bu çevirmə başa çatdıqdan sonra analoq-rəqəm çeviricisi onun yeni çevirmə üçün hazır olması haqqında "hazırlıq əlamətini" bildirən siqnal yaradır. Bu siqnaldan sonra mikrokontrollerdən çeviriciyə sorğu siqnalı verilir və onun çıxışındakı kod

kontrollerə daxil olur və uyğun massivlə yaddaşa yazılır. Yeni sensorların çıxış siqnallarını almaq üçün mikrokontroller kanalın nömrəsini bildirən kodu dəyişdirir və beləliklə, digər sensorların sorğusu yerinə yetirilir. Bütün kanalların sorğusu başa çatdıqdan sonra ölçülən kəmiyyətin qiyməti aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$P = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{N_{\max}} \cdot N + P_{\min} \qquad (1.2.11)$$

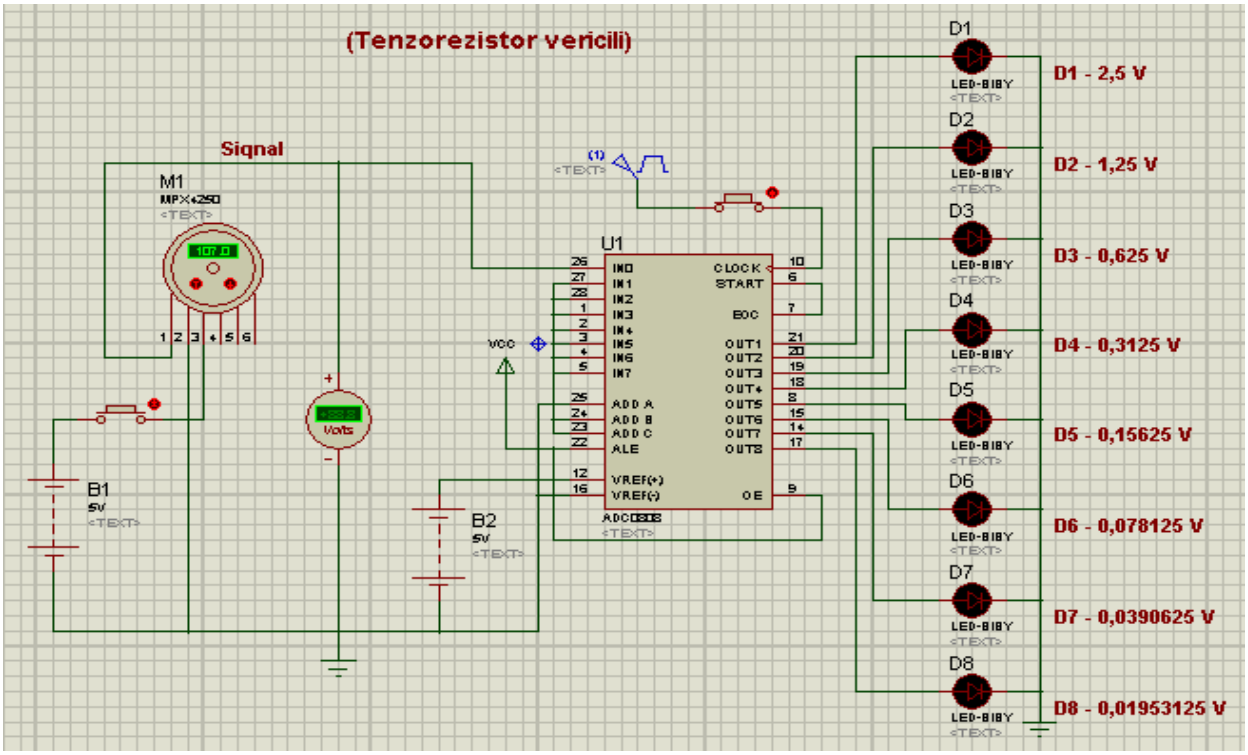
Təzyiq sensoru olaraq çıxış cərəyanı 4-20 mA diapazonunda dəyişən Metran-100 Dİ modelindən istifadə edilir [6, s.146].

Təzyiq ölçmə informasiya sisteminin işləmə alqoritmi aşağıdakı şəkil 1.2.12-də göstərilib.



Şəkil 1.2.12 Təzyiq ölçmə informasiya sisteminin işləmə alqoritmi

Proteus proqram mühitində təzyiq ölçmə informasiya sisteminin işləmə sxemi şəkil 1.2.13-də göstərilmişdir.

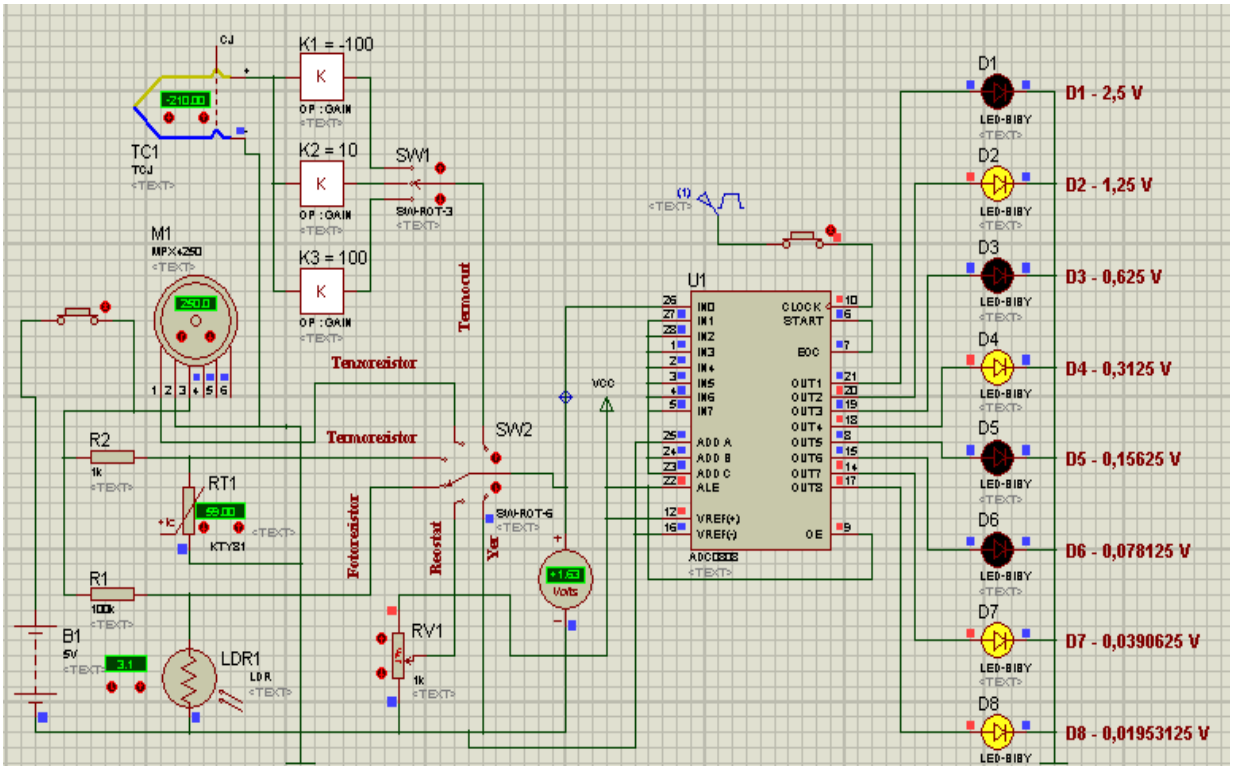


Şəkil 1.2.13 Proteus proqram mühitində təzyiq ölçmə informasiya sisteminin işləmə sxemi

Mikrokontrollerin yaddaşında təzyiqin və temperaturun müxtəlif qiymətlərində öncədən aparılmış bütün ölçmələrin nəticələri saxlanılır. Bu nəticələr vericinin işlədiyi zaman çıxış siqnalını təshih etmək üçün mikroprosessor tərəfindən təshih əmsallarını hesablamaq üçün istifadə edilir. Sensor blokundan rəqəmli siqnal təshih əmsalları ilə birlikdə elektron bloka daxil olur və burada mikroprosessor həmin siqnalı temperatura görə korreksiya edir və xəttiləşdirmə məsələsini həll edir. Sensorun icra variantından asılı olaraq elektron blokun çıxışında 0-5 mA, 0-20 mA, 4-20 mA və yaxud 4-20 HART siqnalları formallaşdırılır. Sensorun konstruksiyası istifadəçinin istəyinə uyğun olaraq siqnalın formasını, elektron çap lövhəsini (platasını) əvəz etməklə dəyişdirə bilər.

Hal hazırda intellektual informasiya-ölçmə texnologiyalardan istifadə edilməsi ölçmə nəticələrinin obyektivliyinin yüksəldilməsini, ölçmə dəqiqlyinin artırılmasına, ölçmə sistemlərinin funksional imkanlarının genişləndirilməsinə şərait yaradır.

Proteus proqram mühitində müxtəlif parametrləri ölçən informasiya sisteminin işləmə sxemi 1.2.14-də göstərilmişdir.



Şəkil 1.2.14 Proteus proqram mühitində müxtəlif parametrləri ölçən informasiya sisteminin işləmə sxemi

Mikroprosessorların və mikrokontrollerlərin ölçmə sistemlərində geniş tətbiq edilməsi texnoloji proseslərin idarə edilməsinin mərkəzləşdirilmiş prinsipindən imtina edərək, onların daha çevik və etibarlı olan səpələnmiş nəzarət və idarəetmə prinsipinə keçilməsini mümkün etmişdir. Bu halda ölçmə sisteminin icra etməli olduğu hesablama, məntiq qərarların qəbul edilməsi və bu kimi məsələlərin icra edilməsi onların ayrı-ayrı təşkilediciləri arasında paylanır. Müxtəlif ölçmə-hesablama vasitələri tərəfindən icra edilən funksiyalar də müxtəlif olur [24, s.176].

Belə funksiyalara misal olaraq ölçmə həddinin avtomatik olaraq seçilməsini, işləmə rejiminin, cəldişləmənin seçilməsini, özünüsınaq və özünüdiaqnostika əməliyyatlarını, çevirmə funksiyasının xəttiləşdirilməsini və s. göstərmək olar.

Sensor mikroelektronika və mikroprosessor texnikasının inteqrallaşdığı ölçmə çeviriciləri və vericiləri bu funksiyalardan bəzilərini onların yerinə yetirməsinə imkan verir. Ölçmələr məqsədilə müasir informasiya-ölçmə texnologiyalardan istifadə

edilməsi ölçmə nəticələrinin obyektivliyinin yüksəldilməsini, ölçmə dəqiqliyinin artırılmasına, ölçmə sistemlərinin funksional imkanlarının genişləndirilməsinə şərait yaradır [15, s.17].

İdarəetmə proqramı mikrokontrollerin portunun sazlanması, girişin rəqəm siqnalları üçün sazlanması, giriş kanalının, sensorun seçilməsi, takt impulsları mənbəyinin seçilməsi, impuls sayğacının sazlanması, impulsların sayılıb koda çevrilməsinin başlanması, impulsların sayılıb koda çevrilməsi başa çatdıqdan sonra növbəti çevirmə əməliyyatına başlamaq üçün hazır olma əlamətini bildirən siqnalın alınması və yoxlanılması funksiyalarını yerinə yetirir [25, s.18]. Ölçmə sisteminə daxil olan bütün ölçmə kanallarının hamısının sorğusunu yerinə yetirmək üçün kanalın kodu ardıcıl olaraq dəyişdirilir. Çevirmələrdən alınan nəticələri qəbuledici məntəqəyə ötürmək üçün rabitə kanalına verilir [13, s.146].

Verilənlərin ötürülməsi üçün nəzərdə tutulan proqramların icra etdiyi əsas funksiyalar aşağıda göstərilmişdir:

- Registrlərdəki kodların ardıcıl koda çevrilərək rabitə kanalı ilə ötürülməsi;
- Ötürülən kodların qəbul edilərək, paralel kodlara çevrilməsi;
- Ötürülən kodların maneələrə dayanıqlılığının təmin edilməsi.

Verilənlərin emal proqramları aşağıdakı funksiyaları yerinə yetirir:

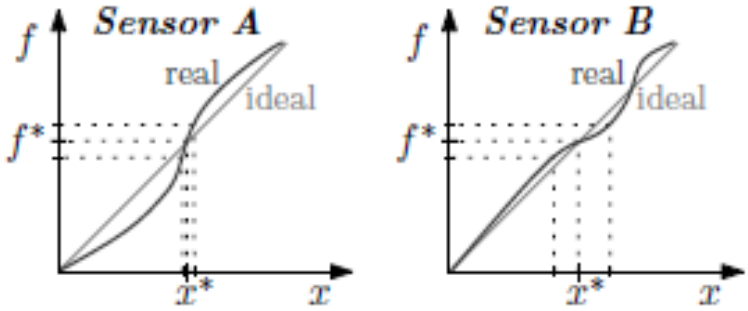
- Ölçülən kəmiyyətin ölçü vahidində qiymətinin hesablanması;
- Ölçmə xətasının hesablanması;
- Ölçmə nəticələrinin statistik emalı;
- Ölçmə nəticələrinin ölçmə xətaları ilə birlikdə təqdim edilməsi.

Sensor texnologiyasındakı inkişaf, sənaye monitorinqi, bina və ev avtomatlaşdırması, tibb, ətraf mühitin monitorinqi, sər sensor şəbəkələri, ağıllı nəqliyyat kimi bir çox sahələrdə sensor şəbəkələri tətbiqetmələrini artırdı. Bu şəbəkələr təhlükəsizlik, hərbi müdafiə, fəlakətlərin qarşısının alınması və s. üçün də istifadə edilə bilir. Qapalı ətraf mühitin monitorinqinə naqilsiz sensor şəbəkələrinin iki əsas tətbiqi daxildir: istilik, havalandırma və kondisioner kimi ətraf mühit sistemlərini daha yaxşı idarə etmək üçün ətraf mühitin fiziki parametrləri və yanğın və tüstü aşkarlanması barədə məlumat toplamaq. Yanğın kimi kritik hadisələr qapalı

sahəyə və həyati təhlükəli şəraitlərə ağır struktur zərər verə bilər, buna görə də yaşayış yerlərində erkən yanğın aşkarlanması, zərərlərin və həyat itkilərinin dərhal azaldılması üçün vacibdir. Yanğının aşkarlanması üçün sensor şəbəkələrinin əsas məqsədi nəzarət olunan orjinal məlumatları toplamaq və monitorinq mərkəzi üçün əsas məlumat və qərar dəstəyini təmin etməkdir. Həmçinin, verilənlərin çıxarılması alqoritmi yüksək sürətli gələn verilənlərin emalı üçün kifayət qədər sürətli olmalıdır. Sensor sxemi tez-tez şəbəkədaxili emal tələb edə bilər, burada verilənlər növbəti emaldan əvvəl daha yüksək səviyyədə emal olunur. Bu yolla ayrı-ayrı qovşaqlar yerli məlumatları əldə edir və emal edir və toplu qərar əldə etmək üçün qonşu qovşaqlarla əlaqə qurmalı, yerli və qismən modellər göndərməli və ümumi qərar qəbul etməlidirlər. Bu vəziyyətdə bütün verilənlər saxlanıla bilməz və kütləvi, fərqli və dinamik verilənlərdən real vaxtda hərəkətli görüntüləri yaratmaq üçün daha effektiv hasilat və analiz üçün yığcamlaşdırma və filtrləmə ilə dərhal emal edilməlidir. Bu ötürülmə xərclərini azaldır və verilənlər saxlanılma baxımından həddindən artıq yüklənir. Sensor verilənlərinin toplanılması (əldə edilməsi) nisbətən yeni sahədir, lakin artıq müəyyən yetkinlik səviyyəsinə çatmışdır. Sensor şəbəkələrindəki verilənlərin çıxarılması, tətbiq-əsaslı modellərin və nümunələrin, sensor şəbəkələrindən davamlı, sürətli və bəlkə də bitməmiş məlumat axınından məqbul dəqiqliklə çıxarılması prosesidir [90, s.346]. Ancaq xam yəni, emal olunmamış sensor verilənlərindən faydalı biliklərin çıxarılması çətin tapşırıqdır və ənənəvi verilənlər hasilatı üsulları, sensor məlumatlarının paylanmış təbiəti və xüsusiyyətləri (kütləvi miqdar və yüksək ölçü), sensor şəbəkələrinin və sensor qovşaqlarının məhdudiyyətləri səbəbindən sensor şəbəkələri birbaşa tətbiq olunmur [31, s.146]. Bu sensor şəbəkələrindən davamlı gələn böyük həcmli verilənlərdən məlumat əldə etməklə məşğul olan yeni verilənlərin çıxarılması üsullarını araşdırmağa səbəbdir. Verilənlərin çıxarılması texnikasının əsas məqsədi verilənlər arasındakı əlaqələri izah etməyə və onlara əsaslanan proqnozlaşdırıcı modellər yaratmağa cəhd göstərmək üçün verilənlərdə struktur nümunələrini tapmaq və təsvir etməkdir [87, s.365]. Bu səbəblərdən, son illərdə tədqiqat sahəsində böyük həcmli sensor verilənlərinə məlumat hasilatı texnikasını tətbiq etməyə böyük maraq yaranmışdır. Digər tərəfdən,

ölçmələr vasitəsilə bir sistem və ya prosesi müşahidə edərkən, ölçülmüş kəmiyyət, demək olar ki, həmişə müxtəlif növ qeyri-müəyyənliyə məruz qalır. Məsələn, bizi maraqlandıran fiziki kəmiyyəti ölçmək üçün bir sensoru nəzərdən keçirsək, sensorun çıxışı çox güman ki, sensor prinsipindən və onun həyata keçirilməsindən asılı olaraq faktiki fiziki kəmiyyət ilə düz mütənasib olmur, əksinə, qeyri-xətti asılılığın nəticəsidir [30, s.146].

Fərqli qeyri-xətti xarakteristikaya malik iki sensorun oxşar oxunuşları müxtəlif qeyri-müəyyənlik intervalları ilə faktiki fiziki kəmiyyətin qiymətlərinə səbəb ola bilər. Həmçinin, xüsusiyyətlər müxtəlif ölçmə şərtləri altında hətta bir sensor üçün dəyişə bilər. Fərqli qeyri-xətt xarakteristikaya malik iki sensorun qrafiki şəkil 1.2.15-də göstərilmişdir [129, s.494].



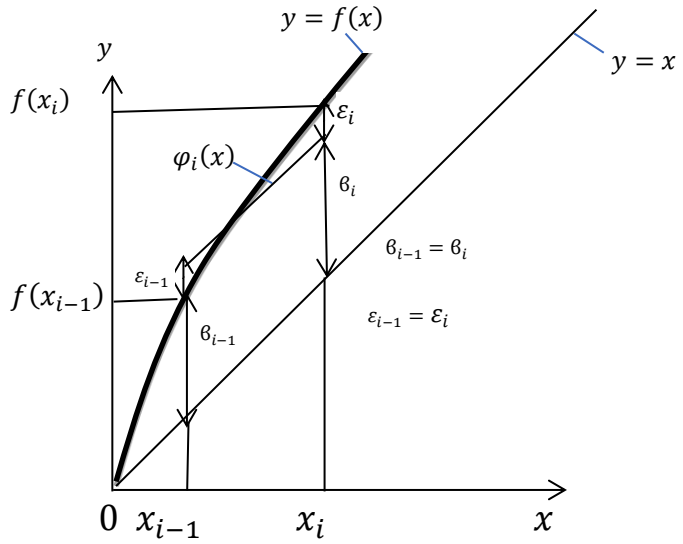
Şəkil 1.2.15 Fərqli qeyri-xətt xarakteristikaya malik iki sensorun qrafiki

Müxtəlif sahələrdə istifadə edilən ölçmə informasiya sistemlərində çevirmə funksiyası xətti olmayan vericidən istifadə edildikdə düz ölçmələr zamanı, dolayı və birgə ölçmələrdə isə bütün hallarda mikroposessorlarda ədədlər üzərində qeyri-xətti funksional çevirmə əməliyyatlarının icra edilməsi lazım gəlir. Bu məqsədlə müxtəlif aproksimasiya üsullarından istifadə edilir [3, s.101].

Aproksimasiyanın məqsədi qeyri-xətti funksiyaların nəzərə alınmayacaq dərəcədə kiçik dəqiqlik itkisi ilə daha sadə, istifadə və hesablamalar üçün daha əlverişli şəkildə təsvir edilməsidir. Burada, qeyri-xətti funksional asılılıqların təshihedici düzəlişlər daxil etməklə aproksimasiyası üçün təklif edilmiş üsullara baxılır [7, s.74].

Məsələnin həlli, təshihedici düzəlişlərlə funksional asılılıqları aproksimasiya üsulları xəttiləşdirmə və inteqral xətaların korreksiyası məsələlərinin həlli metodikası əsasında yaradılmışdır [35, s.17], [36, s.16]. Bu məqsədlə aproksimasiya olunan $f(x)$ funksiyasının arqumentinin dəyişmə dipazonu parçalara bölünür və koordinat sisteminin tənböləni olan $y = x$ xəttinin bu parçalar daxilinə düşən hissələrinin yerləri dəyişdirilərək $f(x)$ funksiyasına yaxınlaşdırılır. Yerdəyişməni icra etmək üçün istifadə edilən riyazi əməllərdən asılı olaraq bu üsullar additiv (A), multiplikativ (M), kombinativ və additiv-multiplikativ (A-M) aproksimasiya üsulları adlandırılmışdır [4, s.97]. İntellektual ölçmə vasitələrində, informasiya ölçmə sistemlərində icra edilən çevirmələr zamanı funksional asılılıqların aproksimasiyası məsələləri aktual olaraq qəbul edilir. Burada ölçmə kanalındakı müxtəlif çevirmələrin nəticəsinə düzəlişlər daxil etməklə parçalarla additiv aproksimasiya üsuluna baxılır [2, s.159], [5, s.79].

Additiv üsul və qeyri-xətti funksional aproksimasiyası zamanı $y = f(x)$ funksiyası koordinat sisteminin y=x tənböləni parçaların paralel sürüşdürülməsi nəticəsində yaranan düz xətt parçaları ilə əvəz edilir. $f(x)$ qeyri-xətti funksiyanın i-ci hissəsi şəkil 1.2.16-da təsvir edilmişdir.



Şəkil 1.2.16 Additiv üsulla aproksimasiya edilən f(x) funksiyasının i-ci parçasının təsviri

Burada $в_i$ tənböləni (y=x) i-ci parçasının f(x) funksiyasına yaxınlaşma istiqamətində yerdəyişməsinin qiymətidir. $\varepsilon_{i-1} = \varepsilon_i$ - i-ci hissənin x_{i-1} və x_i sərhədlərində $\varphi_i(x)$ və f(x) funksiyalarının yayınlmalarıdır.

Qeyri-xətti f(x) funksiyasını i-ci parçada aproksimasiya edən $\varphi_i(x)$ funksiyası aşağıdakı tənlik ilə ifadə olunur.

$$\varphi_i(x) = x \pm \beta_i \qquad (1.2.12)$$

burada, «+» işarəsi $f(x) > x$, «-» işarəsi isə $f(x) < x$ halına uyğun gəlir.

Arqumentin (x) dəyişmə diapazonunun bölunduyu parçaların sərhəd qiymətləri x_i, bu parçalar daxilində qiymətcə sabit qalan düzəliş β_i və sərhədlərdə yayınmaların qiyməti ε_i bu yayınmaların i-ci parçasının aşağı (x_{i-1}) və yuxarı(x_i) sərhədlərndə qiymətcə bərabər, işarəcə əks olması şərtindən aşağıdakı kimi təyin edilir.

$$x_i = f(x_i) - f(x_{i-1}) - x_{i-1} \mp 2\varepsilon \qquad (1.2.13)$$

$$b_i = \pm 0.5\{[f(x_i) + f(x_{i-1})] - (x_i + x_{i-1})\} \qquad (1.2.14)$$

$$\varepsilon_i = \pm 0.5[\Delta f(x_i) - \Delta x_i] \qquad (1.2.15)$$

Burada, $\Delta f(x_i) = f(x_i) - f(x_{i-1})$; $\Delta x_i = x_i - x_{i-1}$; $f(x_i)$ və $f(x_{i-1})$ i-ci parçasının aşağı və yuxarı sərhədlərində f(x) funksiyasının qiymətləridir.

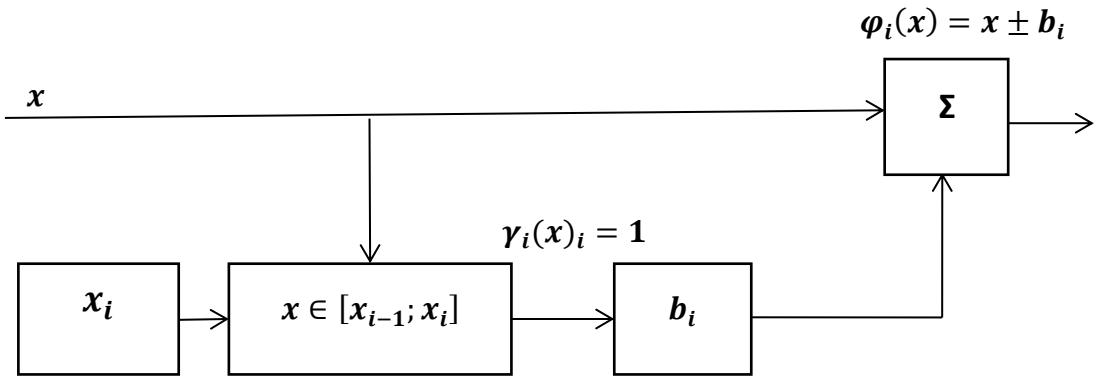
(1.2.13) ifadəsinin təhlili göstərir ki, $\Delta f(x_i) = \Delta x_i$ halında $\varepsilon_i = 0$ olur. Budan belə nəticə çıxır ki, parçalarla additiv aproksimasiya üsulundan istifadə [85, s.1192]. edildikdə $\Delta f(x_i)/\Delta x_i = 1$ şərtini ödəyən parçada f(x) funksiyası $y = x$ düz xəttinə paralel olur və bu parçada $\varepsilon_i \to 0$, onun yaxın ətrafında isə $\varepsilon_i \to$ min qiymət alır. Parçalarla additiv aproksimasiya üsulu aşağıdakı riyazi modellə ifadə edilir [77, s.269].

$$\varphi_i(x) = \gamma_i(x)(x \pm \beta_i) \qquad (1.2.16)$$

Burada, $\gamma_i(x)$ -məntiq funksiyası olub, yanız $x \epsilon [x_{i-1}; x_i]$ i-parçasında $\gamma_i(x) = 1$ qiymətini alır, qalan hallarda $\gamma_i(x) = 0$ olur.

Parçalarla additiv aproksimasiya üsulunun realizasiyasının ümumiləşdirilmiş sxemi şəkil 3.1.4-də göstərilmişdir.

Arqumentin (x) dəyişmə diapazonunu parçalara bölmə sərhədlərix$_i$(i = 1 ÷ s)bu parçalar daxilində sabit qalan additiv düzəlişlərin qiymətləri yadda saxlanılır. Arqumentin x cari qiyməti sərhəd x_i(i = 1 ÷ s) qiymətləri ilə müqayisə edilərək, onun daxil olduğu interval $x \epsilon [x_{i-1}; x_i]$ təyin edilir ($\gamma_i(x) = 1$) və yaddaşdan həmin intervala uyğun olaraq additiv düzəliş b_i seçilir və x arqumenti ilə cəmlənir. Nəticədə, x arqumentinin daxil olduğu intervalda $\varphi_i(x) = x \pm б_i$ hesablanmış olur. Deməli, additiv aproksimasiya üsulunda yalnız bir hesablama əməliyyatından istfadə olunur [35, s.17]. Müasir dövrdə ölçmə texnikasının inkişafı onların funksional imkanlarının artırılması, metroloji xarakteristikalarının yaxşılaşdırılması, zehni fəaliyyət tələb edən bəzi intellektual funksiyaların yerinə yetirilməsi istiqamətində aparılır. Parçalarla additiv aproksimasiya üsulunun realizasiyasının ümumiləşdirilmiş sxemi şəkil 1.2.17-də göstərilmişdir.



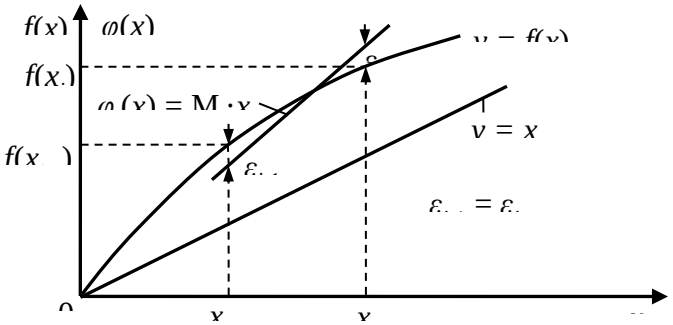
Şəkil 1.2.17 Parçalarla additiv aproksimasiya üsulunun realizasiyasının ümumiləşdirilmiş sxemi

Multiplikativ üsul ilə qeyri-xətti funksional asılılıqların aproksimasiyası zamanı f(x)funksiyası koordinat sisteminin $y = x$ tənböləni parçalarının ordinatlarını təshihedici əmsallara vurmaqla döndərilərək bu funksiyanın qrafikinə yaxınlaşan düz xətt parçaları ilə əvəz edilir. Qeyri-xətti f(x) funksiyasını i-ci parçada aproksimasiya edən $\varphi_i(x)$ funksiyası aşağıdakı tənliyi ilə ifadə olunur [94, s.39].

$$\varphi_i(x) = M_i \cdot x \qquad (1.2.17)$$

burada, $f(x) > x$ olduqda $M_i > 1$; $f(x) < x$ olduqda isə $M_i < 1$ olur.

f(x) qeyri-xətti funksiyanı multiplikativ üsulla aproksimasiya edən $\varphi(x)$ funksiyasının i-ci hissəsi şəkil 1.2.18-də təsvir edilmişdir.



Şəkil 1.2.18 Parçalarla multiplikativ aproksimasiya üsulu

Burada A_1-tənbölənin i-ci parçasını döndərərək, f(x)funksiyasına yaxınlaşdıran multiplikativ əmsaldır; $\varepsilon_{i-1} = \varepsilon_i$ –i-ci hissənin x_{i-1} və x_i sərhədlərində $\varphi_i(x)$ və f(x) funksiyalarının yayınmalarıdır. Arqumentin dəyişmə diapazonunun bölunduyu parçaların sərhəd qiymətləri x_i, bu parçalar daxilində qiymətcə sabit qalan multiplikativ əmsallar M_i və sərhədlərdə yayınmaların qiyməti ε_i bu yayınmaların bölmə parçalarının aşağı və yuxarı sərhədlərndə qiymətcə bərabər, işarəcə əks olması şərtindən təyin edilir.

$$x_i = x_{i-1}\left[f(x_i) \pm \varepsilon\right] / \left[f(x_{i-1})\right] \mp \varepsilon$$

(1.2.18)

$$M_i = \left[f(x_{i-1}) + f(x_i)\right] / (x_{i-1} + x_i) \qquad (1.2.19)$$

$$\varepsilon_i = \pm 0.5 \cdot \left[M\Delta x_i - \Delta f(x_i) \right] \qquad (1.2.20)$$

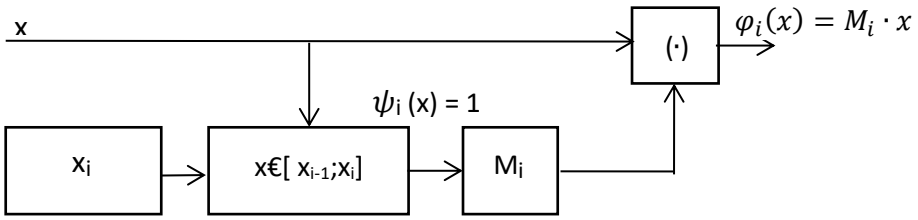
burada, $\Delta f(x_i) = f(x_i) - f(x_{i-1})$; $\Delta x_i = x_i - x_{i-1}$ kimi ifadə edilir.

$f(x_{i-1})$ və $f(x_i)$ i-ci parçanın aşağı və yuxarı sərhədlərində $f(x_i) < 0$ qabarıqlığın yuxarıya yönəlməsi, aşağıdakı işarələr isə $\Delta f(x_i)>0$ qabarıqlığın aşağıya yönəlməsi hallarına uyğun olur. Bu ifadədən görünür ki, multiplikativ aproksimasiya üsulunda f(x) funksiyası ilə $y = x$ xəttinin bir-birinə nəzərən koordinat sistemində necə yerləşməsi onların yazılışında heç bir dəyişikliyə səbəb olmur. (1.2.20) ifadəsinin təhlili göstərir ki, $\Delta f(x_i) = \Delta x_i$ şərtini ödəyən parçada $\varepsilon_i \neq 0$ olur. Belə ki,

$$\varepsilon_i = \pm 0.5 \cdot \left[M_i \cdot \Delta x_i - \Delta x_i \right] = \pm 0.5 \cdot \Delta x_i \cdot \left(M_i - 1 \right) \qquad (1.2.21)$$

Multiplikativ üsulun əsas təsir mexanizmi ondadır ki, $M_i \neq 1$ olan parçalarda xətti xarakteristika $f(x_i)$ -ə yaxınlaşır, lakin $\Delta f(x_i) = M_i \cdot \Delta x_i$ şərtini ödəyən parçada $\varepsilon_i = 0$ ola bilər. Parçalarla multiplikativ aproksimasiya üsulunun xətası $\Delta f(x_i) = \Delta x_i$ parçasında deyil , $\Delta f(x_i) \neq \Delta x_i$ şərtini ödəyən parçada minimal qiymət ala bilər. Parçalarda multiplikativ aproksimasiya üsulu $\psi_i(x) = \gamma_i(x) \cdot M_i \cdot x$ modeli ilə ifadə olunur. Burada $\psi_i(x)$- məntiq funksiyası olub, yanız $x \epsilon [x_{i-1}; x_i]$ şərtini ödəyən i-parçasında $\psi_i(x) = 1$ qiymətini alır, qalan hallarda $\psi_i(x) = 0$ olur [94, s.40-42].

Parçalarla multiplikativ aproksimasiya üsulunun realizasiyasının ümumiləşdirilmiş sxemi şəkil 1.2.19-da göstərilmişdir.



Şəkil 1.2.19 Parçalarla multiplikativ aproksimasiya üsulunun realizasiya sxemi

Arqumentin dəyişmə diapazonunu parçalara bölmə sərhədləri $x_i (i = 1 \div m)$ və bu parçalar daxilində sabit qalan multiplikativ əmsalların qiymətləri M_i yadda

saxlanılır. Arqumentin cari qiyməti x sərhəd qiymətləri $x_i (i = 1 \div m)$ ilə müqayisə edilərək, onun daxil olduğu interval $x \epsilon [x_{i-1}; x_i]$ təyin edilir və yaddaşdan həmin intervala uyğun olaraq multiplikativ əmsal M_i seçilir və x arqumentinə vurulur. Nəticədə, x-in daxil olduğu parçada $\varphi_i(x) = M_i \cdot x$ qiyməti hesablanmış olur. Beləliklə, təklif edilən üsulda bir neçə müqayisə və vurma əməlini yerinə yetirməklə qeyri-xətti funksional asılılıqların parçalarla aproksimasiyası yerinə yetirilir.

Eyni faktiki vəziyyət və ya hətta parametrin eyni qiymətii haqqında ölçmələr və ya məlumatlar müxtəlif, fərdi qeyri-müəyyənlik dərəcələrinə məruz qala bilər [124, s.41]. Qeyri-müəyyənlik üçün interval sərhədlərinin dəqiq spesifikasiyası həmişə mövcud olmaya bilər. Bu səbəbdən qeyri-səlis çoxluqlar vasitəsilə qeyri-müəyyənlik intervallarının qeyri-səlis modelləşdirilməsini təklif edirik. Qeyri-müəyyən məlumatların təhlili üçün digər güclü vasitələr mövcud olsa da qeyri-səlis çoxluqlar həm məlumat, həm də ekspert əsaslı məlumat üçün birgə modelləşdirmə yanaşmasına imkan verir. Tələbata uyğun olaraq kombinəedilmiş xəttiləşdirmə üsulundan da istifadə olunur. Kombinəedilmiş xəttiləşdirmə üsulunun məğzi ondan ibarətdir ki, ölçmə vasitələrinin qeyri-xətti xarakteristikasının bəzi parçaları multiplikativ, qalanları isə additiv xəttiləşdirmə üsulundan istifadə edilməklə xəttiləşdirilir. Praktikada elə hallar olur ki, kombinəedilmiş üsul multiplikativ və additiv xəttiləşdirmə üsullarından effektiv olur [2, s.158]. Kombinəedilmiş xəttiləşdirmə üsulundan istifadə edərkən multiplikativ və ya additiv xəttiləşdirmə üsullarının rasional seçiminə xüsusi diqqət yetirilməlidir. Bu ölçmə vasitələrinin qeyri-xətti çevirmə xarakteristkasının xüsusiyyətlərindən və onun xətti xarakteristika ilə qarşılıqlı yerləşmə vəziyyətindən asılıdır [99, s.41]. Qeyd etmək lazımdır ki, qabarıqlığı aşağıya yönəlmiş, xətti xarakteristikadan yuxarıda yerləşən qeyri-xətti xarakteristikalar üçün və qabarıqlığı yuxarıya yönəlmiş, xətti xarakteristikadan aşağıda yerləşən qeyri- xətti xarakteristikalar üçün multiplikativ xəttiləşdirmə üsulunun xətası additiv üsula nisbətən daha kiçik olur. Beləliklə, kombinəedilmiş xəttiləşdirmə üsulundan istifadə olunma məsələsi qabarıqlığı aşağı yönəlmiş, xətti xarakteristikadan aşağıda yerləşən və ya onunla kəsişən və qabarıqlığı yuxarı yönəlmiş xətti xarakteristikadan yuxarıda yerləşən və ya onunla kəsişən qeyri-xətti

xarakteristikaları xəttiləşdirən zaman qarşıya çıxa bilər [98, s.226]. Bu zaman ölçmə vasitələrinin qeyri-xətti xarakteristikasının və xətti xarakteristikanın artımının təxminən bərabər olduğu parçalarda additiv üsulun xətası multiplikativ üsuldan az olur. Bu artımların çox fərqləndiyi qalan parçalarda isə additiv üsulun xətası multiplikativ üsuldan böyük olur [2, s.158].

FƏSİL 2. QEYRİ-SƏLİS MƏNTİQİN MƏSAFƏ SENSORLARINA TƏTBİQİ

2.1. Qeyri-səlis məntiq. Qeyri-səlis sistemin əsas elementləri

Qeyri-səlis sistemdə üç əsas element mövcuddur. Onlar qeyri-səlis çoxluqlar, mənsubiyyət funksiyaları və qaydalardır. Qeyri-səlis çoxluqlar qeyri-səlis məntiq sisteminin əsas elementləridir, mənsubiyyət funksiyaları isə qeyri-səlis çoxluqları qrafiki olaraq göstərmək üçün istifadə olunur. Qaydalar qeyri-səlis məntiq sisteminin qərar verməsinə kömək edən insan beyni kimi işləyir [144, s.456].

Çoxluq anlayışı riyaziyyatın əsasıdır və bəzi xüsusiyyətlər arasındakı əlaqəli obyektlərin toplusu kimi göstərilə bilər. Klassik çoxluğa çox aydın sərhədlər daxil edilir, məsələn fərqli ehtimalları istisna edən $x \in A$ və ya $x \notin A$ [42, s.15].

X çoxluq, A isə $X(A \subseteq X)$ çoxluğunun alt çoxluğu olarsa, funksiyanı aşağıdakı kimi təyin edə bilərik.

$$X_A(x) = \begin{cases} 1 \text{ əgər } x \in A \\ 0 \text{ əgər } x \notin A \end{cases} \tag{2.1.1}$$

Buna X çoxluğunda A çoxluğunun xarakterik funksiyası deyilir. Klassik çoxluqlar və nisbi əməliyyatlar xarakterik funksiyalar ilə əldə edilə bilər.

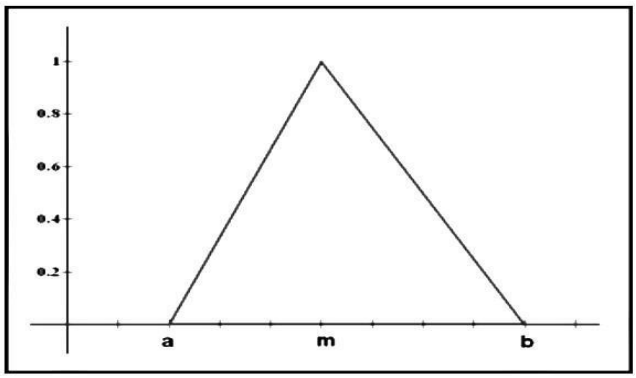
Qeyri-səlis çoxluqlar L. Zadə tərəfindən [42, s.67] təqdim edilmişdir. L.Zadənin təqdim etdiyi qeyri-səlis çoxluğun tərifi aşağıdakı kimidir: Qeyri-səlis çoxluq elementləri bu çoxluğa müəyyən mənsubluq dərəcəsi ilə malik olan çoxluqdur. Beləliklə, X-dəki qeyri-səlis A çoxluğu hər elementlə əlaqədə olan μ_A mənsubluq

funksiyası ilə xarakterizə olunur [43, s.344]. Qeyri-səlis A çoxluğu və onun X qeyri-səlis alt çoxluğu aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$\mu_A(x): X \to [0,1] \tag{2.1.2}$$

Burada, $\mu_A(x)$- A qeyri-səlis çoxluğunun mənsubiyyət funksiyasıdır.

Hər bir klassik çoxluq eyni zamanda qeyri-səlis çoxluq hesab edilir. Qeyri-səlis çoxluqlar $x_A : X \to \{0,1\}$ xarakterik funksiyaları ilə təmsil olunan klassik çoxluqların ümumiləşdirmələridir. $A(x)=1$ olduğu halda A çoxluğunda x-in tam mənsubluğunu ifadə edir, $A(x)=0$ isə A çoxluğunda x-in mənsubluğunun olmadığını bildirir, lakin klassik halın əksinə digər mənsubluq dərəcələrinə icazə verilir. Qeyri-səlis çoxluğun mənsubiyyət funksiyası klassik çoxluqlarda göstərici funksiyasının ümumiləşdirilməsidir. Qeyri-səlis məntiqdə mənsubiyyət funksiyası doğruluq dərəcəsini təmsil edir. Mənsubiyyət funksiyaları diaqramdan istifadə edərək qeyri-səlis çoxluğu təsvir etməyə imkan verir. Qrafikdəki x oxu tədqiqat sahəsi, y oxu isə [0,1] intervalındakı mənsubiyyət dərəcələrini göstərir. X tədqiqat sahəsində qeyri-səlis A çoxluğu üçün mənsubiyyət funksiyası yuxarıda deyildiyi kimi $\mu_A(x): X \to [0,1]$ olaraq təyin olunur, burada X-in hər elementi 0 ilə 1 arasındakı dəyərə uyğunlaşdırılır. Bu dəyər mənsubiyyət dərəcəsi kimi tanınır və ya X-dəki elementin qeyri-səlis A çoxluğu mənsubiyyətin dərəcəsini təyin edir [140, s.2930]. Qeyri-səlis anlayışlar təyin edildiyindən, qeyri-səlis çoxluqlar üçün mənsubiyyət funksiyalarını qurmaq üçün ümumiyyətlə sadə funksiyalar seçilir. Daha mürəkkəb funksiyalardan istifadə etmək çox dəqiqlik tələb etmir [142, s.6]. Ən çox istifadə olunan mənsubiyyət funksiyaları üçbucaqşəkilli mənsubiyyət funksiyası, trapezoidal mənsubiyyət funksiyası və Qauss mənsubiyyət funksiyasıdır. Üçbucaqşəkilli mənsubiyyət funksiyası şəkil 2.1.1-də göstərilmişdir.



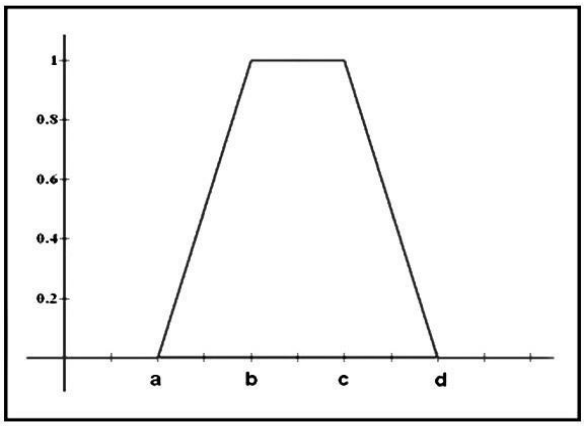
Şəkil 2.1.1. Üçbucaq mənsubiyyət funksiyaları

Üçbucaq mənsubiyyət funksiyasının tənliyi aşağıdakı kimi ifadə edilir.

$$\mu(x)=\begin{cases} 0, & x \le a \\ \dfrac{x-a}{m-a}, & a < x \le m \\ \dfrac{x-b}{b-m}, & m < x < b \\ 0, & x \ge b \end{cases} \qquad (2.1.3)$$

Burada, üçbucaqlı mənsubiyyət funksiyası a alt limiti (sərhəd), b üst limiti və m dəyər ilə təyin olunur ki, burada $a < m \le b$ kimi olacaq [143, s.196].

Şəkil 2.1.2-də aşağıda trapez formalı mənsubiyyət funksiyası təyin edilmişdir. Trapezoidal mənsubiyyət funksiyası şəkil 2.1.2-də göstərilmişdir.



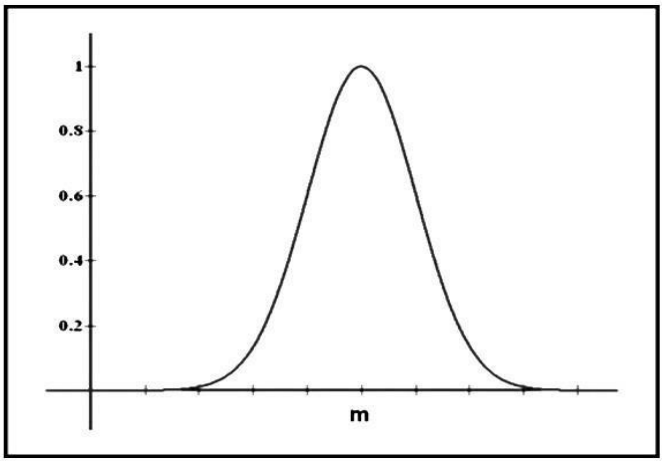
Şəkil 2.1.2 Trapezodial mənsubiyyət funksiyaları

Trapezoidal mənsubiyyət funksiyasının tənliyi aşağıdakı kimi ifadə edilir.

$$\mu_A(x)=\begin{cases} 0, & (x<a)\ ve\ ya\,(x>d) \\ \dfrac{x-a}{b-a}, & a\le x\le b \\ 1, & b<x<c \\ \dfrac{d-x}{d-c}, & c\le x\le d \end{cases} \qquad (2.1.4)$$

Burada, trapezoidal mənsubiyyət funksiyası a alt limiti, d üst limiti, b alt dəstək limiti və c üst dəstək limiti ilə təyin olunur ki, burada $a < b < c < d$ kimi olacaq.

Gauss mənsubiyyət funksiyası şəkil 2.1.3- də göstərilmişdir.



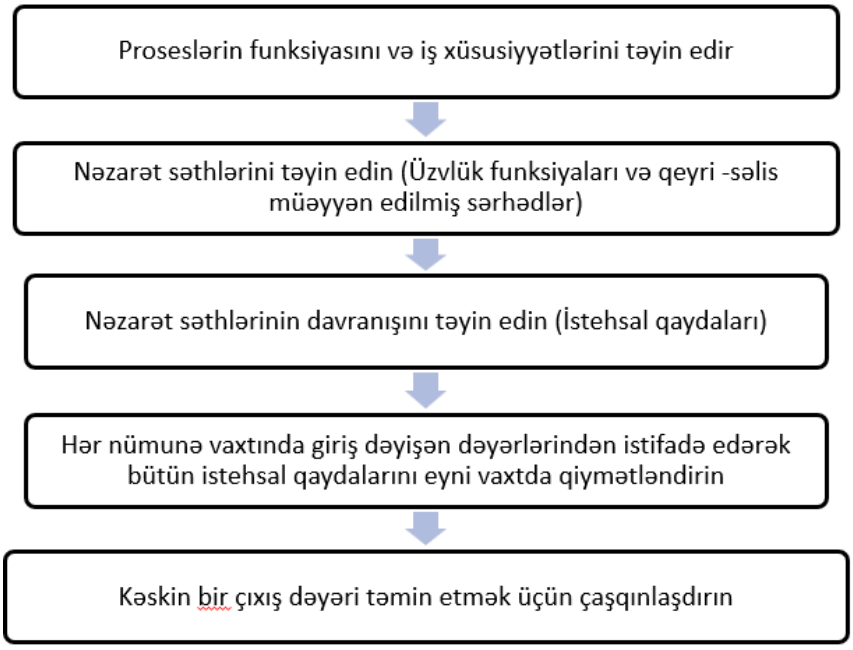
Şəkil 2.1.3. Qauss mənsubiyyət funksiyaları

Qauss mənsubiyyət funksiyasının tənliyi aşağıdakı kimi göstərilir.

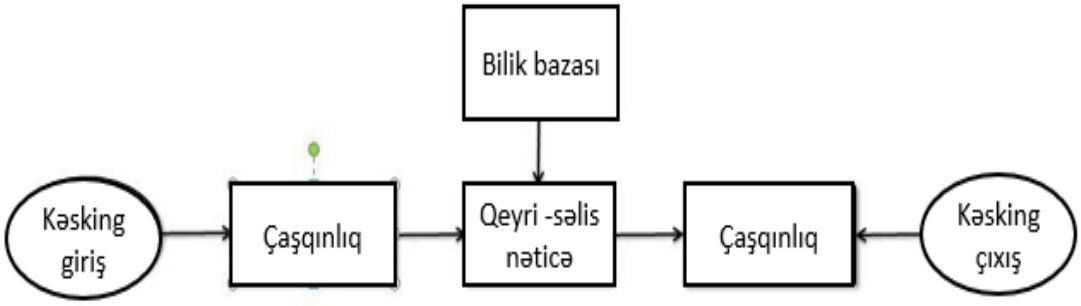
$$\mu_A(x)=e^{\frac{(x-m)^2}{2k^2}} \qquad (2.1.5)$$

Burada Gauss mənsubiyyət funksiyası m-ədədi orta və k-standart yayınma ($k > 0$) ilə təyin olunur və burada k nə qədər kiçik olarsa, zəngvari əyri də o qədər dar olacaq, yəni standart yayınma az olacaq.

Qeyri-səlis məntiq sisteminin qaydaları ekspert biliklərinin seçilməsində "Əgər-Onda" məntiq ifadələrini təmsil edir. Əgər-Onda ifadələri süni intellekt sahəsində ekspert sisteminin ayrılmaz hissəsi kimi tanınır [97, s.350]. Lakin ekspert sistemləri qaydalardan yaranan nəticələrin əks etdirilməsi üçün klassik məntiqə və ehtimala əsaslanır. Qeyri-səlis çoxluqlar qeyri-müəyyənliyi qaydalara daxil edir, çünki daha az dəqiq linqvistik termləri təmsil edirlər, məsələn, çox uzaq, çox yaxın olmayan, lap yaxın və s. kimi termlərlə ifadə oluna bilərlər. Qaydalar paralel olaraq fəaliyyət göstərir və qeyri-səlis məntiq sisteminin çıxışına təsir edir. Qeyri-səlis çoxluqlardan istifadə edən bu məntiqi emal qeyri-səlis məntiq kimi tanınır [101, s.1275]. Qeyri-səlis məntiqi emal şəkil 2.1.4 (a) və şəkil 2.1.4 (b)-də təsvir edilmişdir. Emal ardıcıllığı fazzifikasiya, nəticə çıxarmaq və defazzifikasiya kimi üç fərqli hissəyə bölünür. Fazzifikasiya dəqiq girişlərin qeyri-səlis çoxluqlara çevrildiyi və daha sonra qeyri-səlis məntiq sistemi tərəfindən istifadə edilə bilən emal prosesidir. Nəticənin emalı Əgər-Onda ifadələri şəklində qaydalarının işlənməsi ilə başlayır. Qaydanın əvvəlki və ya şərt bloku Əgər (İf) ifadəsi ilə, nəticə və ya nəticə bloku isə Onda (Then) ifadəsi ilə başlayır.



Şəkil 2.1.4 (a). Qeyri-səlis məntiqi emal



Şəkil 2.1.4(b). Qeyri-səlis məntiqi emal

Nəticə blokuna verilən dəyər, qeyri-səlis çoxluqların sərhədlərini xarakterizə edən mənsubiyyət funksiyalarının aktivasiya dəyərlərinin məntiqi nəticəsinə bərabərdir. Aktivasiya dəyəri, qiymətləndirmə anında giriş dəyişəninin malik olduğu mənsubiyyət funksiyasının dəyərinə bərabərdir [91, s.48]. Məntiqi nəticələr və mənsubiyyət funksiyaları ilə təmsil olunan qeyri-səlis ədədləri sabit və dəqiq nəticəyə çevirmək üçün defazzifikasiya əməliyyatı aparılır. Defazzifikasiya bir neçə yolla həyata keçirilə bilər. Əksər tətbiqetmələr, ardıcıl qeyri-səlis çoxluqda kütlə mərkəzi

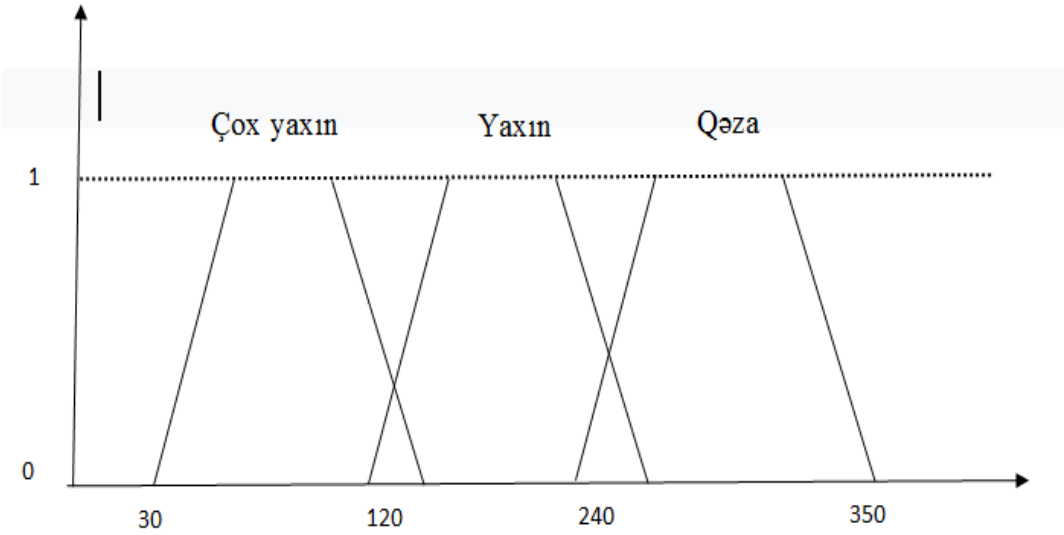
və ya qeyri-səlis sentroid hesablama həyata keçirir. Bu, simmetrik və bircinsli (homogen) olduqda paylanma üsulunun aşkarlanmasına bərabərdir [93, s.24].

Ölçmə cihazları texnoloji obyektlərə və istehsalata nəzarət sistemlərinin ən vacib komponentləridir. Bu cihazlar ölçülən kəmiyyətlərin cari parametrlərini təyin edən ən sadə ölçmə vasitələrindən sadə alqoritmlərin icrasında, idarə olunmasında, bir sira problemlərin diaqnostikasında, ölçülən informasiyanın çevrilməsində və s. istifadə olunan çoxfunksiyalı avtomatlaşdırılmış vasitələrə çevrilirlər. Ölçmə cihazlarının çoxfunksiyalı olması mikroelektronika texnologiyalarının inkişafı sayəsində və onların mikrokontrollerdə yığılması və tətbiqindən sonra baş verdi. Bu da sürətin artması və enerji səmərəliliyinin yüksəlməsinə gətirib çıxartdı. Aktual olan o faktdır ki, müəyyən şəraitdə sensorun muxtariyyətinin olması, sistemin dayandırılması rejimində də xarici parametrlərin qeydiyyata alınmasına imkan verir. Yəni, sistemin məhv edildiyi anda və müvafiq güc mənbələrinin mövcudluğunda, sensor müəyyən bir ehtiyat qeydedici cihazına çevrilir. Sənaye şəraitində məsafədən ölçmə sensoru kimi müxtəlif növ ultrasəs ölçmə cihazları istifadə olunur ki, onların da təsir imkanı ölçmə obyektindən ultrasəs impulslarının əks olunan şüalanmasını ölçməyə əsaslanır. Bu cür cihazların sadə nümunələrindən biri ötürücü və qəbuledici rolunu oynayan pyezorezistiv çeviricilərdir [11, s.191].

Məsafənin təyin edilməsinin əsas prinsipi aşağıdakı addımları əhatə edir: 1) ultrasəs tezliyində impuls çeviricinin şüalanması; 2) əks olunan impulsun sensor tərəfindən obyektdən alınması; 3) impulsun emissiya anı ilə əks olunan ikiyə bölünmüş impulsun alınması anı arasındakı zaman fərqinin təyin olunması. Ölçmə prosesinə nəzarət və ölçmə avadanlığının parametrlərinin təyin edilməsi, ölçmələrdə yüksək xəttiliyi təmin edən bir mikrokontroller tərəfindən həyata keçirilir. Qeydiyyatda və işlənmədə ziddiyyət ölçmə sürətidir. Nəzəri cəhətdən əsaslandırılmış optimal tezlik 40 kHz-dir. İntellektual platformanın tətbiqi və məşhur alimlərin istifadə etdiyi metodların araşdırılmasının aktuallığı tədqiq olunan problemin tələbləri və təqdimetmə formaları barədə aydın bir fikir formalaşdırır. Ağıllı, intellektual bir sensorun quruluşuna aşağıdakı funksional hissələr daxildir: takt impulsları generatoru, real vaxt sensoru, mikrokontroller, ultrasəs sensoru, flash kart saxlama

cihazı və sistemlərin idarəetmə sistemi üçün interfeys və rabitə cihazı. Ultrasəs ölçmə cihazı üçün ağıllı bir platformanın təşkilində vacib bir əlavə qeyri-səlis qaydaları tətbiq edən mikrokontrollerdir. Mikrokontrollerin əsasını fazzifikasiya blokları, həll yolları, defazzifikasiya və həmçinin məlumat bazası təşkil edir [9, s.184]. Fazzifikasiya bloku səlis kəmiyyətləri qeyri-səlis kəmiyyətlərə çevirir, onların qiymətləri linqvistik termlər kimi bilik bazasında əvvəlcədən təyin edilmişdir. Qərarlar bloku qeyri-səlis giriş məlumatlarını qeyri-səlis olan idarəetmə siqnallarına çevrilmək üçün məlumat bazasında müəyyən edilmiş qeyri-səlis şərt qaydalarına uyğunlaşdırmaq üçün nəzərdə tutulmuşdur. Defazzifikasiya bloku linqvistik termlər şəklində olan qeyri-səlis kəmiyyətləri qərar blokunda obyektə nəzarət etmək üçün istifadə olunan səlis kəmiyyətə çevirmək üçün nəzərdə tutulmuşdur. Ölçmə zamanı işçi orqanının maneəyə olan məsafəsini ölçərkən əldə edilən kritik vəziyyətlərin qiymətləri qeyd olunur və cədvələ daxil edilir. Belə bir kritik vəziyyətin bir nümunəsi: qəza və ya qəzadan öncəki vəziyyət anındakı məsafə 30 mm olduqda bir uğursuzluq mümkündür [60, s.184]. Ağıllı bir sensor üçün uğursuzluq və onun əvvəlcədən qeydiyyatı aparılır. Burada hadisələr müəyyən bir ehtimal ilə proqnozlaşdırılır. Layihələndirilən sistemdə giriş dəyişəni, göstərilən maneəyə qədər olan məsafə, ultrasəs ölçmə cihazı tərəfindən qeyd olunur. Giriş linqvistik termlər üçün təyin olunmuş interval ultrasəs sensorun siqnallarının minimum və maksimum qiymətlərindən formalaşır [61, s.11]. Texniki xüsusiyyətlərə görə giriş linqvistik dəyişəninin "Maneəyə qədər olan məsafə" üçün icazə verilən qiymət həddi 30mm ilə 350 mm arasında müəyyən edirik. Şəkil 2.1.5-də kritik təhlükəli zonada məsafədən ölçmə nəticələri göstərilir. 35 mm-ə qədər bir uğursuzluğun baş verəcəyinə dair tam bir əminlik yoxdur və qeyd olunmalıdır (məsələn, 110 mm məsafə 0.9 dərəcəsi olan "uğursuzluq" kateqoriyasına uyğundur). Bununla birlikdə, 40 mm-dən 100 mm-ə qədər 1 ranq təyin edilə bilər, yəni bu qiymətlərdə uğursuzluq birmənalı olacaqdır. 120 mm qiymətlərindən sonra nasazlıq ölçülmüş sayılır, lakin “uğursuzluq” termininə uyğun məsafə 0-dan 1-ə qədər olan dərəcə aralığında olması lazım olduğundan hələ baş verməmişdir. Bu fakt “uğursuzluqdan əvvəlki vəziyyəti” qeyd etmək üçün bir siqnal yaradır [123, s.256]. Məsafə kəmiyyəti nə qədər böyükdürsə, müvafiq

müddətə aidiyyəti o qədər az olur, dərəcə sıfıra meyl edir və sensorun çıxış siqnallarının qeyd olunma tezliyi yüksəlir. Nəticədə, sensorun bütün ölçü aralığında uğursuzluq konsepsiyasını əks etdirən qeyri-səlis çoxluq təyin edilir [102, s.185]. Məsafənin ölçülən qiyməti linqvistik termlərlə (çox yaxın, yaxın, qəza) şəkil 2.1.5-də göstərilmişdir.



Şəkil 2.1.5. Məsafə sensorunun qeyri səlis çoxluğunu təyin etmə sxemi

Məsafə sensorları müəyyən bir ərazidən məlumatları fasiləsiz olaraq toplayan və məlumat bazasına göndərən bir çox sensor şəbəkələrindən istifadə edir. Klaster əsaslı məlumatların toplanılması, aqreqasiyası məsafə sensorları üçün əsas prosedurlardan biridir. Klasterləşdirmə məsafə sensor şəbəkəsinin ömrünü uzatmaq üçün vacib bir prosedurdur. Klaster başlığı müvafiq klaster qovşaqlarından alınan məlumatları birləşdirir və baza stansiyasına göndərir [52, s.320]. Məsafə sensorlar şəbəkəsinin əsas problemi uyğun qovşaq başlıqlarının seçilməsidir. Düzgün seçilmiş qovşaq başlıqları enerji istehlakını azaldır, çünki sensorlar arasında qısa yollar var. Bunun üçün məsafə sensorlarının qeyri-səlis aqreqasiya modelinin işlənilməsi vacib məsələlərdən biridir. Məsafə sensorları texnologiyasındakı mövcud metodologiyalar tədqiqatçılara ümumiləşdirilmiş məlumatların hesablanması, sensor düyünlərinin enerji istehlakı, ən qısa yol axtarış alqoritminin tətbiqi məsafə sensor şəbəkəsindəki təhlükəsizlik problemlərini azaltmağa imkan verir [41, s.1465]. Enerji sərfi məlumatların toplanılması, aqreqasiyası metodologiyasını tətbiq etməklə azaldıla

bilər. Məlumatların aqreqasiyası sensor düyünlərinin enerjisini daha effektiv istifadə etmək üçün doğru zamanda toplanmalı olan informasiya toplusudur [96, s.7198]. Məlumatların aqreqasiyasının daha effektiv olması üçün eyni xüsusiyyətə malik temperatur sensorları, rütubət sensorları və s. kimi müxtəlif sensorlardan alınan məlumat bir dəfə toplanılır və sonrakı işlənməyə göndərilir [58, s.19]. Enerji istehlakını və rabitə yükünü azaltmaq, lazımsız məlumatlatları minimuma endirərək şəbəkənin ömrünü artırmaq üçün klasterləşmə ən yaxşı variantdır. Burada məsafə sensorlarından alınan məlumatları qəbuledici düyündə toplamaq üçün təklif olunan qeyri-səlis aqreqasiya modelinin işlənilməsi məsələsinə baxılır. Cədvəl 2.1.1-də qeyri səlis qaydalarda giriş və çıxış kəmiyyətlərin təsdiq olunmuş əlaqələri göstərilmişdir.

Cədvəl 2.1.1

Ultrasəs sensorla ölçülən məsafənin qeyri-səlis qaydalar cədvəli

Hərəkətin dəyişmə xarakteri	Açar sözlərin dəyişmə qiyməti	Çıxış parametrlərinin qeydiyyatı
Aşağı	Aşağı	Qeyd yoxdu
Aşağı	Orta	Aşağı tezlikdə qeyd
Aşağı	Yuxarı	Yuxarı tezlikdə qeyd
Orta	Aşağı	Aşağı tezlikdə qeyd
Orta	Orta	Orta tezlikdə qeyd
Orta	Yuxarı	Yuxarı tezlikdə qeyd
Yuxarı	Aşağı	Orta tezlikdə qeyd
Yuxarı	Orta	Orta tezlikdə qeyd
Yuxarı	Yuxarı	Yuxarı tezlikdə qeyd

Qeyri-səlis qaydaların aid olma dərəcəsi aid olma funksiyası adı ilə müəyyənləşir. Bizim halda 120 mm məsafə çox yaxın vəziyyətə aid edilir, 240 mm isə yaxın vəziyyətə aid edilir. Koordinat oxu verilmiş funksiyanın maksimal qiyməti qeyri-səlis məntiqli mikrokontrollerin daxili registrinin maksimal qiymətini üstələməmək üçün tətbiq edilib [64, s.89]. Absis oxu üzrə qiymətlər əvvəldən emal olunmuş modulun alınmış qiymətləri ilə uyğun olur. 0 qiyməti mənsubluğun

yoxluğunu, 0,9 isə mütləq iştirakı göstərir. Fazzifikasiya prosesi bir və ya bir neçə giriş funksiyasının onun qiymətinə uyğun qiymətinin alınması ilə nəticələnir. Qeyri-səlis mikrokontrollerdə defazzifikasiya prosesi sadələşdirilmişdir, hər qeyri-səlis məntiqli çıxış funksiyasına əlavə bir funksiya müqayisə etməyə imkan verir.

Axtarış minimax metodu ilə həyata keçirilir, yəni giriş funksiyalarının birləşmələrin qiymətlərindən ən böyüyü müvafiq çıxış funksiyasında göstərilir. Linqivistik termlərin tətbiqi və seçilməsi, çıxış funksiyasının iki və ikidən çox olduğu qaydalarla müəyyən edilir [65, s.2967]. Bu vəziyyətdə ən aşağı qiymət əldə edilir. Sonra bütün çıxış funksiyaları və müvafiq birləşmələrin qiymətlərindən istifadə edərək defazzifikasiya prosesi aparılır, mərkəzi çıxış qiymətləri hesablanır və ultrasəs sensorla ölçmə fiksasiya rejiminin nümunəsi alınır. Çıxış funksiyalarının alınmış qiymətləri doqquz qaydaya görə hesablanan birləşmələrin qiymətləri ilə vurulur, nəticələr əlavə olunur və cəm ədədlərin sayına bölünür. Prosesdə vəziyyət administratoruna vəziyyəti və hadisəni qeyd etmək üçün son ədədi qiymət və müvafiq mesaj flaş yaddaş kartına göndərilir. İdarəetmənin mühəndislər üçün çatışmazlığı qeyri-səlis məntiq alqoritmlərinin translyasiyası və layihələrinin proqramlaşdırma dilinə və əksinə tərcüməsi, onların dinamik dəyişməsi və korreksiyasıdır. Kod tələb olunan proqramlaşdırma dilinə çevrildikdə, proqramı müəyyən bir mikrokontroller üçün kod halına gətirmək mümkündür [55, s.76] Bu kod sensordan ayrı olaraq programlanır və sonra qərarların hazır bazası mikrokontrollerin operativ yaddaşına daxil edilir və sensor yazılmış proqrama uyğun olaraq işə başlayır. Əməliyyat sensorunun proqramında dəyişiklik etmək üçün yenidən yazılır [82, s.184]. Qeyri-səlis məntiq nəzəriyyəsinə əsaslanan kontroller bazasında bir avtomatlaşdırma cihazının elementi kimi ultrasəs məsafə sensoru üçün ağıllı (intellektual) bir platforma dizayn edərkən aşağıdakı çatışmazlıqlar aşkar edildi:

- Standarta uyğun çox sayda xəttin səbəb olduğu bir flash kartın ümumi ölçüləri;
- mikrokontrollerin böyük qabaritli ölçüləri ağıllı sensorun ölçülərinə cavab vermir;

- qeyd müddətini məhdudlaşdıran məsafəni qeyd etmək üçün ayrılmış yaddaşın miqdarı kifayət deyil.

Məsafə sensoru üçün qeyri-səlis çoxluğu, qeyri-səlis qaydalar cədvəli və fazzifikasiya qaydalarını təyin etmək üçün sxem hazırlanır. Bunun əsasında, qeyri-səlis məntiqlə mikrokontrollerdə ağıllı, intellektual sensorun işləməsi üçün alqoritm qurulur. Ağıllı sensor platformasının dizaynında bəzi çatışmazlıqlar var. Qeyri-səlis məntiq bazasında intellektual sensor cihazqayırmada, avtomobil və aviasiya sənayesində tətbiq oluna bilər.

Qeyri-səlis üçbucaq şəkilli ədədlərlə toplama operatorları adlandırdığımız qeyri-səlis toplama operatorlarını tətbiq etmək üçün mövcud məlumatların dəqiq rəqəmlərlə qiymətləndirilə bilməyəcəyi vəziyyətə diqqət yetirilir və bu halda qeyri-müəyyən və ya qeyri-səlis rəqəmlər kimi qeyri-dəqiq məlumatları qiymətləndirmək üçün başqa bir yanaşmadan istifadə etmək lazım gəlir [57, s.156]. Psevdoarifmetik əməliyyatlar kimi üçbucaq normalar olan t-normlar və t-conormlar anlayışından da istifadə edilir [95, s.85] Nəticədə, üçbucaq şəkilli qeyri-səlis ədədlərlə hesablamalar, nizamlı üçbucaq şəkilli qeyri-səlis ədədlərlə hesablamalar, ümumiləşdirilmiş üçbucaq şəkilli qeyri-səlis ədədlərlə hesablamalar və müxtəlif qeyri-səlis hesablama operatorları ilə əldə edilir. Üçbucaq şəkilli qeyri-səlis toplama operatorları təkcə mövcud qeyri-səlis toplama operatorlarının geniş spektrini əhatə etmir, həm də yeni maraqlı situasiyalar təqdim edir. İnsan bilikləri üçün mövcud məlumatların dəqiq (səlis məlumatlar) və ya dəqiq olmayan (qeyri-səlis məlumatlar) olur. Qeyri-səlis toplama və ya aqreqasiya operatorları qeyri-səlis ədədlər çoxluğunu vahid ədədi qiymətə (uyğun qeyri-səlis qiymət) birləşdirmək və ümumiləşdirmək üçün faydalı modellərdir [45, s.85]. Bu cür operatorlar çoxmeyarlı qərar qəbuletmə problemlərinin həlli üçün vacibdir. Həqiqətən də çoxmeyarlı qərar qəbuletmə problemlərində, ümumiyyətlə, sonlu alternativlər çoxluğu $[m] = \{1, ..., m\}$ nəzərdən keçirilir ki, bunlardan sonlu meyarlar çoxluğuna müvafiq olaraq ən yaxşısı seçilir $[n] = \{1..., n\}$. $j \in [m]$ alternativinin hər bir $i \in [n]$ meyarı üçün qiymət təyin etmək üçün ekspertlə məsləhətləşmələr aparılır. Bu qiymət i meyarının yerinə yetirilmə dərəcəsi və j alternativi ilə bağlı üstünlüyün ifadəsi kimi

qəbul edilə bilər. Hər bir meyar üçün hər bir ekspert öz qiymətləndirməsini kəmiyyət və ya keyfiyyət formasında olan şkala üzrə ifadə edir [141, s.217].

Çoxmeyarlı qərar qəbuletmə proseduru üç əsas mərhələdən mövcud məlumatı təqdim etmək üçün uyğun modelləri axtardığımız modelləşdirmə mərhələsindən, qismən çoxluq və ölçülər əsasında hər bir alternativ üçün ümumi dəyər tapmağa çalışdığımız toplama, aqreqasiya mərhələsindən və alternativlər haqqında qlobal məlumatları ya $[m]$-dəki elementlərin tam sıralamasına, ya da $[m]$-də ən yaxşı alternativlərin qlobal seçiminə çevirdiyimiz istifadə mərhələsindən ibarətdir [10, s.345], [88, s.360].

Real dünyada bəzən mövcud məlumatın dəqiq rəqəmlərlə qiymətləndirilə bilinmədiyi vəziyyətlərlə qarşılaşırıq və bu cür məlumatları yüksək dərəcədə qeyri-müəyyənlik və ya qeyri-dəqiqliklə təqdim etmək üçün başqa bir yanaşmadan istifadə etmək lazımdır. Bu halda bir neçə üsul mövcuddur ki, bunlardan bəziləri qeyri-səlis ədədlər, interval rəqəmlər və linqvistik ədədlərdir [44, s.49].

Fərz edək ki, iki qeyri-səlis ədəd mövcuddur, hər i = 1, 2 üçün $0 \le ai \le bi \le ci \le di$ ilə $\tilde{x} = (a_1, b_1, c_1, d_1)$ və $\tilde{y} = (a_2, b_2, c_2, d_2)$. Yəni, $\tilde{x}, \tilde{y} \in$ P̃(R+). R+ müsbət real ədədlərdən ibarət qeyri-səlis alt çoxluqlardır. $\tilde{x}$ və $\tilde{y}$ arasında hesablama əməliyyatlar $\{\oplus, \odot\}$ aşağıdakı kimi müəyyən edilir [56, s.42]:

$$\begin{gathered}
\tilde{x} \oplus \tilde{y} = \tilde{y} \oplus \tilde{x} = (a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2, d_1 + d_2) \\
\tilde{x} \odot \tilde{y} = \tilde{y} \odot \tilde{x} = (a_1 \cdot a_2, b_1 \cdot b_2, c_1 \cdot c_2, d_1 \cdot d_2) \\
\tilde{x} \odot \lambda = \lambda \odot \tilde{x} = (\lambda \cdot a_1, \lambda \cdot b_1, \lambda \cdot c_1, \lambda \cdot d_1), \\
\lambda \ge 0.
\end{gathered} \tag{2.1.6}$$

Qeyri-səlis ədədləri sıralamaq üçün ədəbiyyatda bir çox üsul mövcuddur. Buna baxmayaraq, burada [101, s.2086]-da qeyd olunan metoddan istifadə etməyi tövsiyə edilir ki, bu metod ən yüksək mənsubluq dərəcəsində tapılan dəyərdən və əgər o, interval ədəddirsə, intervalın orta dəyərindən istifadə etməkdən ibarətdir [105, s.2089]. Əslində, aşağıdakı prosedura uyğun olaraq $\tilde{x} = (a_1, b_1, c_1, d_1)$ və

$\tilde{y} = (a_2, b_2, c_2, d_2)$ səviyyələrini təyin etmək tövsiyə edilir:

$$x > \tilde{y} \Leftrightarrow (b_1 + c_1)/2 > (b_2 + c_2)/2;$$
$$\tilde{x} < \bar{y} \Leftrightarrow (b_1 + c_1)/2 < (b_2 + c_2)/2; \qquad (2.1.7)$$
$$\tilde{x} = \tilde{y} \Leftrightarrow (b_1 + c_1)/2 = (b_2 + c_2)/2.$$

Qeyri-səlis ədədləri toplamaq üçün bir sıra toplama operatorları hazırlanmışdır. Bəzi tanınmış qeyri-səlis toplama operatorlarını qısaca təqdim etməzdən əvvəl onların əsas xüsusiyyətlərini təqdim edək [89, s.210].

Qeyri-səlis mühitdə toplama üçün uyğun hesab edilən bəzi xüsusiyyətləri təqdim edirik. Ümumi şəkildə $\tilde{F}: \tilde{\mathcal{P}}(\mathbb{R})^n \to \tilde{\mathcal{P}}(\mathbb{R}), n \geq 2$ kimi təyin olunan qeyri-səlis toplama operatorlarını nəzərdən keçirək, burada $n \geq 2$ natural ədəddir. Beləliklə, həmin operatorların əsas riyazi xüsusiyyətləri aşağıdakılardır:

Hüdud şərtləri:

$$\tilde{F}(0,\ldots,0) = 0$$
$$\tilde{F}(1,\ldots,1) = 1 \qquad (2.1.8)$$

Bu xüsusiyyət üçün, $\tilde{F}: \tilde{\mathcal{P}}([0,1])^n \to \tilde{\mathcal{P}}([0,1])$kimi verildiyini fərz edək.

Monotonluq:

$$\tilde{x}_i \leq \tilde{y}_i \Rightarrow \tilde{F}(\tilde{x}_1, \ldots, \tilde{x}_n) \leq \tilde{F}(\tilde{y}_1, \ldots, \tilde{y}_n), \forall i \in [n]$$

(2.1.9)

Davamlılıq:

"Əgər və ancaq" şərti daxilində $\tilde{F}$ o zaman davamlı hesab edilir ki, uyğun operator $F: \mathbb{R}^n \to \mathbb{R}$ davamlıdır. Başqa sözlə desək, komponent baxımından davamlı operator "əgər və ancaq" olduqda $\tilde{F}$ davamlı olur.

Kommutativlik:

$$\tilde{F}(\tilde{x}_1,\ldots,\tilde{x}_n) = \tilde{F}(\tilde{x}_{\pi(1)},\ldots,\tilde{x}_{\pi(n)}), \quad \forall \pi = (\pi(1),\ldots,\pi(n)) \qquad (2.1.10)$$

İdempotentlik:

$$\tilde{F}(\tilde{u},\ldots,\tilde{u})=\tilde{u} \qquad (2.1.11)$$

Məhdudluq:

$$\min(\tilde{x}_1,\ldots,\tilde{x}_n)\le\tilde{F}(\tilde{x}_1,\ldots,\bar{x}_n)\le\max(\tilde{x}_1,\ldots,\tilde{x}_n)$$

(2.1.12)

Qeyd edək ki, hüdud şərtləri və monotonluq ümumi qeyri-səlis toplama operatorlarını xarakterizə edən iki fundamental xüsusiyyətdir, onlar pozulmamalıdır. Əsas aqreqasiya operatorları aşağıdakılardır:

-Qeyri-səlis çəkiləndirilmiş ortalama operatoru [86, s.157]. Mövcud məlumatı dəqiq rəqəmlərlə qiymətləndirmək mümkün olmadıqda və verilənləri qeyri-səlis ədəd kimi ifadə etmək lazım olduqda ölçülü ortalama operatorundan istifadə edilir [103, s.350]. Qeyri-səlis çəkiləndirilmiş ortalama operatoru aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$FWA(\tilde{x}_1,\ldots,\tilde{x}_n)=\bigoplus_{i\in[n]}(w_i\,\square\,\tilde{x}_i)=\left(\sum_{i=1}^{n}w_i\cdot a_i,\sum_{i=1}^{n}w_i\cdot\right.$$
$$\left.\cdot\,b_i,\sum_{i=1}^{n}w_i\cdot c_i,\sum_{i=1}^{n}w_i\cdot d_i\right)=\big(WA(a_1,\ldots,a_n) \qquad (2.1.13)$$
$$WA(b_1,\ldots,b_n),WA(c_1,\ldots,c_n),WA(d_1,\ldots,d_n)\big)$$

Burada, $w_1,\ldots,w_n$ meyarların çəkiləridir və $\oplus$ və $\odot$ əməliyyatları vasitəsilə müəyyən edilir [56, s.67].

Qeyri-səlis çəkiləndirilmiş ortalama operatorunun əsas xüsusiyyətləri aşağıdakılardır.

(P1) Hüdud şərti:

$$\mathrm{FWA}(0,\dots,0) = \bigoplus_{i\in[n]} (w_i \odot 0) = 0 + \cdots + 0 = 0,$$
$$\mathrm{FWA}(1,\dots,1) = \bigoplus_{i\in[n]} (w_i \odot 1) = \sum_{i=1}^{n} w_i = 1 \qquad (2.1.14)$$

(P2) Monotonluq şərti: $\tilde{x}i \le \tilde{y}i$, $\forall i \in [n]$.

$$\begin{aligned}
&\tilde{x}_i \le \tilde{y}_i \Rightarrow w_i \square\ \tilde{x}_i \le w_i \square\ \tilde{y}_i \Rightarrow \\
&\left(w_i \square\ \tilde{x}_i\right) \oplus \left(w_j \square\ \tilde{x}_j\right) \le \left(w_i \square\ \tilde{y}_i\right) \oplus \left(w_j \square\ \tilde{y}_j\right) \Rightarrow \\
&\bigoplus_{i\in[n]} \left(w_i \square\ \tilde{x}_i\right) \le \bigoplus_{i\in[n]} \left(w_i \square\ \tilde{y}_i\right) \Rightarrow \\
&FWA\left(\tilde{x}_1,\cdots,\tilde{x}_n\right) \le FWA\left(\tilde{y}_1,\cdots,\tilde{y}_n\right)
\end{aligned} \qquad (2.1.15)$$

(P3) Davamlılıq şərti: Çəkiləndirmə operatoru fasiləsiz olduğu üçün qeyri-səlis çəkiləndirilmiş ortalama operatoru davamlıdır.

(P4) Komutativlik şərti: ($\tilde{x}\pi$ (1), ..., $\tilde{x}\pi$ (n)) düsturu ($\tilde{x}1$, ..., $\tilde{x}n$) -in permutasiyasıdır. Ümumilikdə, qeyri-səlis çəkiləndirilmiş ortalama operatoru ($\tilde{x}1$, ..., $\tilde{x}n$) ≠ FWA ($\tilde{x}\pi$ (1), ..., $\tilde{x}\pi$ (n)) şəklindədir. Bununla belə, əgər, $wi = w = 1/n$ olarsa, onda

$$\begin{aligned}
&\mathrm{FWA}\left(\tilde{x}_{\pi(1)} \dots\dots, \tilde{x}_{\pi(n)}\right) = \bigoplus_{i\in[n]} \left(w \odot \tilde{x}_{\pi(i)}\right) \\
&= \left(w \odot \bar{x}_{\pi(1)}\right) \oplus \left(w \odot \bar{x}_{\pi(2)}\right) \oplus \cdots \oplus \left(w \odot \bar{x}_{\pi(n)}\right) \\
&= \left(w \odot \bar{x}_{\pi(n)}\right) \oplus \left(w \odot \bar{x}_{\pi(n-1)}\right) \oplus \cdots \oplus \left(w \odot \bar{x}_{\pi(1)}\right) \\
&\qquad = \cdots = \mathrm{FWA}(\tilde{x}_1, \dots, \bar{x}_n)
\end{aligned} \qquad (2.1.16)$$

(P5) İdempotentlik şərti: Fərz edək ki, $i \in [n]$ üçün $\tilde{x}i = \tilde{u} = (a, b, c, d)$ dir. Onda

$$\mathrm{FWA}(\tilde{u},\dots,\tilde{u}) = \oplus_{i\in[n]} (w_i \odot \tilde{u}) = \left(\sum_{i=1}^{n} (w_i \cdot a), \sum_{i=1}^{n} (w_i \cdot b), \sum_{i=1}^{n} (w_i \cdot c), \sum_{i=1}^{n} (w_i \cdot d)\right) = (a,b,c,d) = \tilde{u} \qquad (2.1.17)$$

(P6) Məhdudiyyət şərti: $\min(\tilde{x}_1, \dots, \tilde{x}_n) = \tilde{x}_*$və $\max(\tilde{x}_1, \dots,, \tilde{x}_n) = \tilde{x}^*$ şəklində

olarsa, onda aşağıdakı ifadəni alarıq.

$$\mathrm{FWA}(\tilde{x}_1, \dots, \tilde{x}_n) = \oplus_{i\in[n]} (w_i \odot \tilde{x}_i) \geq \oplus_{i\in[n]} (w_i \odot \tilde{x}_*) \geq \tilde{x}_*\left(\sum_{i=1}^{n} w_i\right)\tilde{x}_*,$$

$$\mathrm{FWA}(\tilde{x}_1, \dots, \tilde{x}_n) = \oplus_{i\in[n]}(w_i \odot \tilde{x}_i) \leq \oplus_{i\in[n]}(w_i \odot \tilde{x}^*)$$

(2.1.18)

Buna görə də,

$$min\left(\tilde{x}_1,\dots,\tilde{x}_n\right) \leq \mathrm{FWA}\left(\tilde{x}_1,\dots,\tilde{x}_n\right) \leq max\left(\bar{x}_1,\dots,\bar{x}_n\right) \qquad (2.1.19)$$

Qeyri-səlis nizamlı çəkiləndirilmiş ortalama operatoru. Qeyri-səlis nizamlı ölçülü ortalama operatorunun müxtəlif versiyaları mövcuddur [100, s.454]. Bu operatordan istifadənin səbəbi odur ki, bəzən mövcud məlumat dəqiq rəqəmlərlə qiymətləndirilə bilmir və qeyri-səlis ədədlər kimi digər ifadələrdən istifadə etmək lazım gəlir.

Qeyri-səlis nizamlı çəkiləndirilmiş ortalama operatoru aşağıdakı formada uyğun ölçü $\left(w_1,\cdots w_n\right)$ vektoruna malikdir:

$$\mathrm{FOWA}\left(\tilde{x}_1,\dots,\tilde{x}_n\right) = \bigoplus_{i\in[n]}\left(w_i \square \tilde{x}_{(i)}\right) \qquad (2.1.20)$$

$\oplus$ və $\odot$ əməliyyatları yuxarıda ifadə olunmuşdur, $(\cdot)$ ifadəsi $[n]$ üzərində elə bir permütasiyadır ki, $\tilde{x}(1) \leq \cdots \leq \tilde{x}(n)$ olur.

Qeyri-səlis nizamlı çəkiləndirilmiş ortalama operatoru (P1),(P2), (P3), (P4), (P5) və (P6) xüsusiyyətlərini təmin edir.

(P4) Komutativlik prinsipinə görə ($\tilde{x}\pi$ (1), ..., $\tilde{x}\pi$ (n)) ifadəsi ($\tilde{x}1$, ..., $\tilde{x}n$) -in permutasiyası olarsa,

$$\mathrm{FOWA}\left(\tilde{x}_1,\dots,\tilde{x}_n\right) = \bigoplus_{i\in[n]}\left(w_i \square \tilde{x}_{(i)}\right)$$

(2.1.21)

$\tilde{x}_{(i)}$i çox böyük və $\{\tilde{x}_i, i \in [n]\}$ olduqda , $FOWA\left(\bar{x}_{n(1)},\ldots,\bar{x}_{n(n)}\right) = \bigoplus_{i\in[n]}\left(w_i \square \bar{x}'_{\pi(i)}\right)$

$\tilde{x}'_{\pi(i)}$i çox böyük olduqda və $\{\tilde{x}_{\pi(i)}, i \in [n]\}$, və $(\tilde{x}(1),..., \tilde{x}_{\pi}(n))$ $(\tilde{x}_1,..., \tilde{x}_n)$ olduqda

$$FOWA\left(\tilde{x}_1,\ldots,\tilde{x}_n\right) = FOWA\left(\tilde{x}_{\pi(1)},\ldots,\tilde{x}_{\pi(n)}\right) \qquad (2.1.22)$$

Quasi-arifmetik vasitələr, ümumiləşdirilmiş vasitələr və qeyri-səlis toplama operatorları. Yuxarıda təqdim olunan iki qeyri-səlis aqreqasiya operatoru Quasi-arifmetik vasitələr və ümumiləşdirilmiş vasitələr anlayışlarından istifadə etməklə ümumiləşdirilmişdir. Qeyri-səlis ölçülü Quasi-arifmetik ortalama vasitələrdən istifadə etməklə Quasi -arifmetik aqreqasiya operatorunu ümumiləşdirən aşağıdakı formulanı alırıq:

$$FWA\ (\tilde{x}_1, \ldots, \tilde{x}_n) = f^{-1}\left(\bigoplus_{i\in[n]} [w_i \odot f(\tilde{x}_i)]\right) \qquad (2.1.23)$$

burada, f funksiyası davamlı monoton funksiyadır və $\oplus$ və $\odot$ arifmetik əməliyyatları ilə ifadə olunur. f funksiyası Quasi operatorunun generator funksiyası adlanır. $w_i = w$, (P5) və (P6) şərtləri ödənərsə, qeyri-səlis çəkiləndirilmiş ortalama operatoru (P1), (P2), (P3), (P4) xüsusiyyətlərini təmin edir [56, s.67], [138, s.245]. Qeyri-səlis Quasi operatoru ilə işarələnmiş Quasi arifmetik ortalama operatoru, uyğun ölçü vektoruna (w_1, ..., w_n) malik olan Quasi operatorunun $\tilde{P}(R^+)^n \rightarrow \tilde{P}(R^+)$ təsviri aşağıdakı kimidir:

$$FOWA\ (\bar{x}_1, \ldots, \bar{x}_n) = f^{-1}\left(\bigoplus_{i\in[n]} \left[w_i \odot f\left(\tilde{x}_{(i)}\right)\right]\right) \qquad (2.1.24)$$

burada f: R+ → R+ ciddi davamlı monoton funksiyadır, $\oplus$ və $\odot$ arifmetik əməliyyatları (2)-də müəyyən edilmişdir və $(\cdot)$ $[n]$ üzərində elə bir permütasiyadır ki, $\tilde{x}(1) \leq \cdot\ltimes\cdot\ \tilde{x}(n)$ olur. f Quasi operatorunun generator funksiyası adlanır. Quasi operatoru (P1), (P2), (P3), (P4), (P5) və (P6) xüsusiyyətlərini təmin edir [139, s.340].

2.1.1. Qeyri-səlis aqreqasiya operatorları

Üçbucaq şəkilli qeyri-səlis ədədlərin aqreqasiyası toplama operatorları olan t-normlar və t-conormlar əsasında həyata keçirilir. Bu toplama operatorları sinfinə üçbucaq şəkilli qeyri-səlis ədədlərlə toplama operatorları deyilir. İstifadə edilən əməliyyat qaydaları üçbucaq normalara (t-norm və t-conorm) əsaslanır. t-normları və t-konormları bir sıra problemlərdə qeyri-səlis informasiyanın aqreqasiyası üçün [132, s.536] istifadə edilmişdir. Qiymətləndirmə çoxluğu {0, 1} deyil, [0, 1] vahid intervalı olduğu halda, bu operatorlar "və" və "və ya" məntiq operatorlarının müvafiq davamıdır. Beləliklə, t-normlar (uyğun olaraq t-conormlar) qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsində birləşməni (uyğun olaraq, ayrılmanı) müəyyən etmək üçün geniş istifadə olunan mühüm toplama operatorları sinfini təmin edir, eyni zamanda çoxqiymətli məntiqi "və" (uyğun olaraq "və ya") əməliyyatını həyata keçirmək üçün də istifadə olunur [131, s.90].

$\odot$ ilə işarələnən T-norm ikili toplama operatorudur k və aşağıdakı xassələrə malikdir.

$$\forall x, y, z \in [0,\ 1],$$
$$(a)\, x \square\ y = y \square\ x$$
$$(b)\, x \square\ (y \square\ z) = (x \square\ y) \square\ z$$
$$(c)\, y \le z \Rightarrow x \square\ y \le x \square\ z$$
$$(d)\, x \square\ 1 = x$$

$\oplus$ ilə işarələnmiş t-conorm, neytral element 0 olmadıqda, t-norm ilə eyni xüsusiyyətlərə malik olan ikili toplama operatorudur, yəni $x \oplus 0 = x$ [96, s.40].

t-norm və t-conormların bir neçə mühüm parametrləşdirilməmiş və parametrləşdirilmiş sinifləri mövcuddur, lakin üç prototip və ən çox istifadə edilən nümunələr aşağıdakı kimi verilmişdir [137, s.78]

(1) $\odot(x, y)$ fl $\min(x, y)$; $\oplus_Z(x, y)$ fl $\max(x, y)$ [136, s.350];

(2) $\odot(x, y)$ fl $x \cdot y$; $\oplus_P(x, y)$ fl $x + y - x \cdot y$, ehtimal nəzəriyyəsinə əsaslanır;

(3) $\odot(x, y)$ fl max(0, x+y−1); $\oplus_L(x, y)$ fl min(1, x+y) [31,s.349].

Fərz edək ki, ˜ = (α, β, γ, δ) və $\tilde{x}$ = (a, b, c, d) iki trapezoidal qeyri-səlis ədədlərdir. $\oplus$ t-conorm, $\odot$ isə t-norm olarsa, aşağıdakı bərabərliklər alınar:

$$\odot\tilde{\omega} \odot \tilde{x} = (\alpha \odot a, \beta \odot b, \gamma \odot c, \delta \odot d);$$

$$\tilde{x}^{\tilde{\omega}} = \left(a^{\alpha}, b^{\beta}, c^{\gamma}, d^{\delta}\right) \qquad (2.1.25)$$

$\oplus$ t-conorm olarsa, $w_i \in [0, 1]$ ilə w = (w_1..., w_n) vektoru $\oplus$ -na uyğun ölçü vektoru adlanır, bu zaman (H) bərabərliyi ödənilir [140, s.325]

$$(H): w_1 \oplus \cdots \oplus w_n = 1 \qquad (2.1.26)$$

Vurğulamaq vacibdir ki,

$$\text{Əgər } \oplus = \oplus_Z, \text{ Onda (H)} \Leftrightarrow V_{i\in[n]} w_i = 1;$$

$$\text{Əgər } \oplus = \oplus_p, \text{ Onda (H)} \Leftrightarrow \prod_{i=1}^{n}(1 - w_i) = 0;$$

$$\text{Əgər } \oplus = \oplus_L, \text{ Onda (H)} \Leftrightarrow \sum_{i=1}^{n} w_i \geq 1.$$

Buna baxmayaraq əgər ölçü vektoru qeyri-səlis ədədlərlə ifadə edilirsə, o zaman bu qeyri-səlis ədədləri səlis ədədlərə çevirmək əvəzinə, məsələn, qeyri-səlis ölçü vektor modelindən istifadə etmək olar. Bu zaman o, aşağıdakı kimi müəyyən edilir:

$\oplus$ t-konorm olsun. $\tilde{w}_i$ = (α_i, β_i, γ_i, δ_i) ∈ $\tilde{P}$ ([0, 1]) olan qeyri-səlis vektor $\tilde{w}$ = ($\tilde{w}_1$, ..., $\tilde{w}_n$) $\oplus$ ilə uyğun qeyri-səlis ölçü vektoru adlanır və ($\tilde{H}$) bərabərliyi təsdiqlənir:

$$(\tilde{H}): \oplus_{i\in[n]} \tilde{w}_i = \left(\oplus_{i\in[n]} \alpha_i, \oplus_{i\in[n]} \beta_i, \oplus_{i\in[n]} \gamma_i, \oplus_{i\in[n]} \delta_i\right) = (1,1,1,1) = 1 \qquad (2.1.26)$$

Digər yanaşmalardan fərqli olaraq, bu metod daha informativdir, çünki o, bütün məlumatlardan istifadə edir və buna görə də tam nəticələrə gətirib çıxarır. Ancaq bu

yanaşmanın əsas çatışmazlığı praktikada istifadəsinin asan olmamasıdır **[**98, s.107**].** Qeyri-səlis aqreqasiya operatorlarından istifadə edərək sensorların seçilməsi ilə bağlı qərarvermə probleminə baxaq.

İlk addımda mütəxəssislər qrupu məsafə sensorları arasında beş mümkün alternativi nəzərdən keçirir- A_1, A_2, A_3, A_4, A_5. Sensorları dəyərləndirmək üçün ekspertlər qrupu hesab edir ki, əsas amil sensorların etibarlılığıdır. Beləliklə, ekspertlərin hər bir sensor üçün etibarlılığı dəyərləndirmə qiymətləri fərqli olacaq. Ekspertlər mümkün vəziyyəti nəzərdən keçiriblər. Ekspertlər qrupu qeyri-səlis nəticələr barədə öz rəyini bildirən üç nəfərdən ibarətdir. Hər bir ekspert sensorların etibarlılığını aşağıdakı qeyri-səlis linqvistik termlərlə ifadə edirlər: C_1- Çox pis, C_2- Pis, C_3- Orta, C_4- Yaxşı, C_5- Çox yaxşı.

Ekspertlərin nəticələri C_i və A_j üçün 2.2.1, 2.2.2 və 2.2.3 cədvəllərində göstərilmişdir. Qeyri-səlis ədədlərlə hesablamalar MATLAB mühitində aparılmışdır.

Cədvəl 2.2.1

Ekspert 1-in qeyri-səlis qərar matrisi

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
C_1	(0.6,0.7,.08)	(0.7,0.8,0.9)	(0.3,0.4,0.5)	(0.1,0.2,0.3)	(0.5,0.6,0.7)
C_2	(0.7,0.8,0.9)	(0.7,0.8,0.9)	(0.3,0.4,0.5)	(0.2,0.3,0.4)	(0.6,0.7,0.8)
C_3	(0.3,0.4,0.5)	(0.7,0.8,0.9)	(0.6,0.7,0.8)	(0.4,0.5,0.6)	(0.4,0.5,0.6)
C_4	(0.4,0.5,0.6)	(0.5,0.6,0.7)	(0.4,0.5,0.6)	(0.7,0.8,0.9)	(0.7,.08,0.9)
C_5	(0.5,0.6,0.7)	(0.4,0.5,0.6)	(0.8,0.9,0.1)	(0.8,0.9,0.1)	(0.8,0.9,0.1)

Cədvəl 2.2.2

Ekspert 2-nin qeyri-səlis qərar matrisi

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
C_1	(0.6,0.7,0.8)	(0.1,0.2,0.3)	(0.4,0.5,0.6)	(0.4,0.5,0.6)	(0.5,0.6,0.7)
C_2	(0.7,0.8,0.9)	(0.1,0.2,0.3)	(0.4,0.5,0.6)	(0.5,0.6,0.7)	(0.6,0.7,0.8)

C_3	(0.8,0.9,1)	(0.4,0.5,0.6)	(0.7,0.8,0.9)	(0.4,0.5,0.6)	(0.4,0.5,0.6)
C_4	(0.4,0.5,0.6)	(0.8,0.9,1)	(0.8,0.9,1)	(0.6,0.7,0.8)	(0.7,0.8,0.9)
C_5	(0.7,0.8,0.9)	(0.8,0.9,1)	(0.3,0.4,0.5)	(0.8,0.9,0.1)	(0.6,0.7,0.8)

Cədvəl 2.2.3

Ekspert 3-ün qeyri-səlis qərar matrisi

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
C_1	(0.5,0.6,0.7)	(0.6,0.7,0.8)	(0.4,0.5,0.6)	(0.6,0.7,.08)	(0.5,0.6,0.7)
C_2	(0.7,0.8,0.9)	(0.1,0.2,0.3)	(0.4,0.5,0.6)	(0.3,0.4,0.5)	(0.6,0.7,0.8)
C_3	(0.6,0.7,0.8)	(0.8,0.9,1)	(0.7,0.8,0.9)	(0.6,0.7,0.8)	(0.4,0.5,0.6)
C_4	(0.4,0.5,0.6)	(0.5,0.6,0.7)	(0.8,0.9,1)	(0.5,0.6,0.7)	(0.7,0.8,0.9)
C_5	(0.7,0.8,0.9)	(0.4,0.5,0.6)	(0.3,0.4,0.5)	(0.7,0.8,0.9)	(0.7,0.8,0.9)

İkinci addımda, bu məsələ üzrə qərar qəbul edən ekspertlərin wE = (.3, .3, .4) çəki vektoru müəyyən edilir.

Bu məlumatlarla qeyri-səlis matrisi əldə etmək üçün ekspert rəylərini birləşdirə, yəni, aqreqasiya edə bilərik. Nəticələr cədvəl 2.2.4-də göstərilmişdir [134, s.120].

Cədvəl 2.2.4

Qeyri-səlis ödəmə matrisi

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
C_1	(.57,.67,.77)	(.47,.57,.67)	(.36,.46,.56)	(.38,.48,.58)	(.5,.6,.7)
C_2	(.7,.8,.9)	(.27,.37,.47)	(.36,.46,.56)	(.32,.42,.52)	(.6,.7,.8)
C_3	(.58,.68,.78)	(.64,.74,.84)	(.66,.76,.86)	(.46,.56,.66)	(.4,.5,.6)
C_4	(.4,.5,.6)	(.58,.68,.78)	(.67,.77,.87)	(.58,.68,.78)	(.7,.8,.9)
C_5	(.63,.73,.84)	(.51,.61,.71)	(.44,.54,.64)	(.75,.85,.95)	(.7,.8,.9)

Sonra, hər bir alternativ üçün qlobal qiymət əldə etmək üçün meyar qiymətləndirmələri birləşdirilir. Qeyd edək ki, wC ölçü vektorunun konfiqurasiyası əsas T-konormunun $\oplus$L olduğunu göstərir.

Üçüncü addımda, C_i meyarlarının wC = (.1, .2, .2, .2, .3) ölçü vektoruna malik olduğunu fərz edək.

Cədvəl 2.2.5

Hər bir strategiya üçün qeyri-səlis qlobal qiymətlər

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
$\oplus_{L,}$ Θ_Z	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)
$\oplus_{L,}$ Θ_P	(.57,.67,.77)	(.50,.60,.70)	(.50,.60,.70)	(.54,.64.74)	(.6,.7,.8)
$\oplus_{L,}$ Θ_L	(0,.02,.22)	(0,0,.05)	(0,0,.14)	(.05,.15,.25)	(0,.1,.3)

Dördüncü addımda, aqreqasiya mərhələsinin sonunda sistem cədvəl 2.2.5-də verilmiş qeyri-səlis ümumi qiymətlər əsasında ən yaxşı alternativi seçə bilməlidir. Nəticələr cədvəl 2.2.6 -da göstərilmişdir.

Cədvəl 2.2.6

Alternativlərin ranqlandırılması

[2,13] Metoduna görə sıralama	
$\oplus_{\mathbf{L}}$, Θ_Z	$A_1=A_2=A_3=A_4=A_5$
$\oplus_{\mathbf{L}}$, Θ_P	$A_2<A_3<A_4<A_1<A_5$
$\oplus_{\mathbf{L}}$, Θ_L	$A_2=A_3<A_1<A_5<A_4$

Göründüyü kimi, toplama operatorundan və istifadə olunan sıralama metodundan asılı olaraq alternativlərin sıralanması fərqlidir.

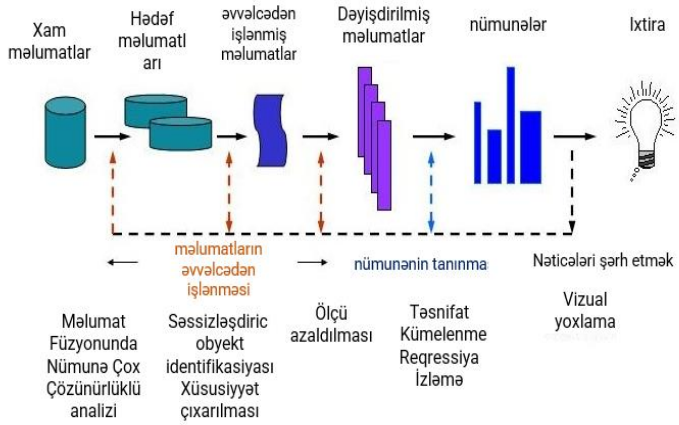
Toplama operatorlarından və qeyri-səlis ədədlərin ranqlanması metodundan asılı olaraq, nəticələr fərqli qərarlara səbəb ola bilər.

2.3. Qeyri-səlis məntiqin məsafə sensorlarında verilənlərin aqreqasiyasında və emalında tətbiqi

Sensor texnologiyasındakı inkişaf, sənaye monitorinqi, bina və ev avtomatlaşdırması, tibb, ətraf mühitin monitorinqi, ağıllı nəqliyyat kimi bir çox sahələrdə sensor şəbəkələrinin istifadəsini artırdı. Bu şəbəkələr təhlükəsizlik, hərbi müdafiə, fəlakətlərin qarşısının alınması və s. üçün də istifadə edilə bilər. Qapalı ətraf mühitin monitorinqinə naqilsiz sensor şəbəkələrinin iki əsas tətbiqi daxildir: istilik, havalandırma və kondisioner kimi ətraf mühit sistemlərini daha yaxşı idarə etmək üçün ətraf mühitin fiziki parametrləri və yanğın və tüstü aşkarlanması barədə məlumat toplamaq. Yanğın kimi kritik hadisələr qapalı sahəyə və həyati təhlükəli şəraitlərə ağır struktur zərər verə bilər, buna görə də yaşayış yerlərində yanğının erkən aşkarlanması, zərərlərin və həyat itkilərinin dərhal azaldılması üçün vacibdir. Yanğının aşkarlanması üçün sensor şəbəkələrinin əsas məqsədi nəzarət olunan orjinal məlumatları toplamaq və monitorinq mərkəzi üçün əsas məlumat və qərar dəstəyini təmin etməkdir. Həmçinin, verilənlərin aqreqsiyası (toplanılması) alqoritmi yüksək sürətli gələn verilənlərin emalı üçün kifayət qədər sürətli olmalıdır. Sensor sxemi tez-tez şəbəkədaxili emal tələb edə bilər, burada verilənlər növbəti emaldan əvvəl daha yüksək səviyyədə emal olunur. Bu yolla ayrı-ayrı qovşaqlar yerli məlumatları əldə edir və emal edir və toplu qərar əldə etmək üçün qonşu qovşaqlarla əlaqə qurmalı, yerli və qismən modellər göndərməli və ümumi qərar qəbul etməlidirlər. Bu vəziyyətdə, bütün verilənlər saxlanıla bilməz və kütləvi, fərqli və dinamik verilənlərin daha effektiv analizi üçün yığcamlaşdırma və filtrləmə ilə dərhal emal edilməlidir. Bu ötürülmə xərclərini azaldır və verilənlər saxlanılma baxımından həddindən artıq yüklənmir. Sensor verilənlərinin toplanılması nisbətən yeni sahədir. Sensor şəbəkələrindəki verilənlərin toplanılması tətbiq əsaslı modellərin və nümunələrin, sensor şəbəkələrindən davamlı, sürətli və bəlkə də bitməmiş məlumat axınından məqbul dəqiqliklə aqreqasiyası prosesidir [108, s.12]. Ancaq xam (emal olunmamış) sensor verilənlərindən faydalı biliklərin çıxarılması çətin prosesdir. Verilənlər yığılması üsulları, sensor məlumatlarının paylanma təbiəti və

xüsusiyyətləri (yüksək ölçülü informasiya və s.), sensor şəbəkələrinin və sensor qovşaqlarının məhdudiyyətləri səbəbindən sensor şəbəkələrinə birbaşa tətbiq olunmur [127, s.667]. Bu, sensor şəbəkələrindən davamlı gələn böyük həcmli verilənlərdən məlumat əldə etmək üçün istifadə olunan yeni aqreqasiya üsullarını araşdırmağa səbəbdir [135, s.1182]. Verilənlərin aqreqasiyası texnikasının əsas məqsədi verilənlər arasındakı əlaqələri izah etməyə və onlara əsaslanan proqnozlaşdırıcı modellər yaratmağa cəhd göstərmək üçün verilənlərdə struktur nümunələrini tapmaq və təsvir etməkdir. Bu zaman statistika, maşın öyrənmə, nümunə tanıma, verilənlər bazası sistemləri, məlumat nəzəriyyəsi, süni intellekt kimi müxtəlif sahələrin informasiyasından istifadə edilir [130, s.184]. Bu səbəblərdən, son illərdə tədqiqat sahəsində böyük həcmli sensor verilənlərinə məlumat hasilatı texnikasını tətbiq etməyə böyük maraq yaranmışdır. Verilənlərin çıxarılması texnikasının tətbiqi üçün giriş məlumatları bir sıra nümunələr şəklində təqdim olunur və nəticələr təhlil olunan məlumat strukturunun proqnozlaşdırıcı və ya təsviredici formasında ifadə edilə bilir. Beləliklə, verilənlərin çıxarılmasında istifadə olunan texnika iki sinifə bölünür.

Təsviredici alqoritmlər - istifadəçi üçün maraqlı ola biləcək birliklər, qruplar və s. kimi fərdi nümunələrin aşkar edilməsində tədqiqat verilənlərinin təhlili üçün istifadə olunur. Verilənlərin toplanılması böyük verilənlər çoxluğundan nümunələrin çıxarılması və məlumatı kəşf etmə prosesinin kritik komponenti kimi təkrarlanan proses olaraq üç əsas addımdan ibarətdir. İlk etapda emaldan əvvəl hasilata uyğun olmaq üçün xammal verilənlərinin emal edilməsini əhatə edir, məsələn, səs-küy və anormalliqların aradan qaldırılması, böyük həcmli verilənlərin idarə edilməsi, əlaqəsiz atributların müəyyən edilməsi və çıxarılması və s. Daha sonra verilənlərin hasilatı (yığılması) prosesidir ki, bu da nümunələr və ya məlumatlar istehsal edəcək verilənlərin hasilatı alqoritminin tətbiqini həyata keçirir. Son addımda emaldan sonra - bütün aşkar edilmiş nümunələr və ya məlumatlar arasında tətbiqetmə üçün faydalı olanlar müəyyən edilir. Doğru qərarı vermək üçün istifadə edilə biləcək bir çox qiymətləndirmə və vizuallaşdırma üsulu var. Tipik məlumat hasilatı layihəsinin prosesi şəkil 2.3.1-də göstərilmişdir.



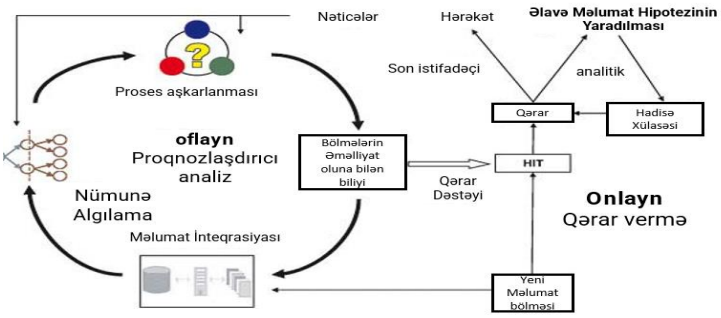
Şəkil 2.3.1. Tipik məlumat hasilatı layihəsinin prosesi

Proqnozlaşdırıcı alqoritmlər-bu alqoritmlər ümumiyyətlə bir sıra giriş və çıxış müşahidələrinə, reqressiya modelləşdirmə, qərar diaqramları, neyron şəbəkələri, Bayes öyrənmə alqoritmlərinə və s. əsaslanan funksiyanı yaradır [71, s.59].

Verilənlərdən məlumatın alınmasının ümumi prosesi verilənlərin emaldan əvvəl verilənlərin hasilatı və verilənlərin hasilatı nəticələrinin emaldan sonrakı proseslərini əhatə edir. Məlumatı kəşf etmə prosesi real vaxt təhlili və qərar dəstək sistemləri ilə adaptiv proqnozlaşdırıcı təhlilini əlaqələndirməlidir. Nadir hadisələrin prekursorlarını və ölçülərini aşkarlamaq və real vaxtda kütləvi və fərqli məlumatlarla dəyişmək çətin prosesdir. Proqnozlaşdırıcı modelləşdirmənin məqsədi əvvəlcədən toplanmış məlum nümunələrə əsaslanaraq hədəf keyfiyyətinin gələcək dəyərlərini proqnozlaşdırmaq üçün istifadə edilə bilən model yaratmaqdır. Qərar ağacı əsaslı, qayda əsaslı, logistika, reqressiya, süni neyron şəbəkələri, qrafik metodlar və s. daxil olmaqla bir çox proqnozlaşdırıcı modelləşdirmə üsulu mövcuddur. Bu metodlar iki növ proqnozlaşdırıcı modelləşdirmə tapşırıqlarını həll etmək üçün hazırlanmışdır: təsnifat və reqressiya. Bu proqnozlaşdırma modellərindən istifadə edərək ölçmələri haqqında məlumat verilməli olan sensorların sayı həm qovşaq aktivliyini, həm də xəttin enini azaldır. Sensor verilənləri verilənlərin toplanması, saxlanması, emalı və klasterləşdirməsi (qruplaşdırma), təsnifatı kimi metodlar daxilində çoxsaylı çətinliklərə səbəb olur və təcrid olunmuş hissənin aşkarlanması hərəkətli məlumatları əldə etmək üçün sensora tətbiq olunur. Bir tərəfdən, ümumiyyətlə məkan və zaman ilə ölçülən fərqli məlumatların böyük həcmləri real vaxtda yaradılır. Digər tərəfdən, yanğın kimi ortaya çıxan çətinliklər qarşısında daha sürətli və daha etibarlı qərarlara

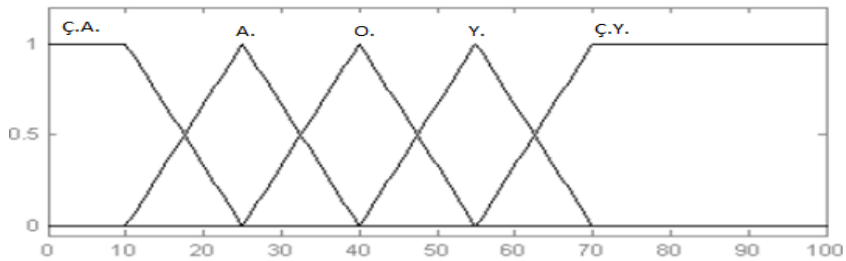
ehtiyac sürətlə artır. Böyümüş təhlükənin tanınmasının kritik yollarından biri, strateji olaraq yerləşdirilmiş geniş ərazi sensor şəbəkələrindən əldə edilən dinamik, heterogen məlumatlara əsaslanan onlayn məlumatın əldə edilməsidir. Bəzi tətbiqetmələrdə yaranan kütləvi sensor məlumat axınları, bütün verilənləri əsas yaddaşda saxlamalı olan alqoritmlərin istifadəsini mümkünsüz edir. Böyük verilənlər çoxluğunda nümunələrin aşkarlanması prosesində verilənlərin hasilatı üsullarından istifadə etmək o qədər də asan olmur. Seçilmiş məlumat növləri üçün uyğun alqoritm tapılmadan əvvəl prosesə bir neçə alqoritm tətbiq olunmalıdır. Onlayn alqoritmlər belə böyük verilənlər çoxluğunu idarə etmək üçün adi toplu alqoritmlərə cəlbedici alternativ təqdim edir. Düzgün verilənlər hasilatı alqoritminin seçilməsi yalnız tətbiqetmə hədəfindən deyil, həm də verilənlər çoxluğunun uyğunluğundan asılıdır.Verilənlərin hasilatının araşdırılması üçün girişi hazırlamaq ümumiyyətlə bütün verilənlərin hasilatı prosesinə qoyulan səylərin böyük hissəsini sərf edir. Verilənlərin emalı çox əmək tələb edən bir prosedurdur, lakin verilənlərin uğurlu hasilatı üçün zəruri addımdır. Yaşayış yerindəki yanğın kimi kritik hadisələrin erkən aşkarlanması, həyatın xilas edilməsi və potensial zərərlərin azaldılması üçün çox vacibdir, buna görə simsiz sensor şəbəkələri yanğının baş vermis olduğunu və ya baş verməkdə olduğunu aşkar edə bilməlidir.

Şəkil 2.3.2-də göstərilən sxem iki alt sxemdən ibarətdir: Oflayn proqnozlaşdırma təhlili (verilənlərin inteqrasiyası, nümunələrin aşkarlanması və prosesin aşkarlanması); onlayn qərar qəbuletmə (modellər və müşahidələrin onlayn (real vaxtda) təhlili, sensor müşahidələrinin, dinamik, paylanmış emalı üçün alqoritmik effektivlik, möhkəmlik, həssaslıq və müşahidələrin təsirləri, vizuallaşdırma və qərar və ya köməkçi modelləri daxildir).

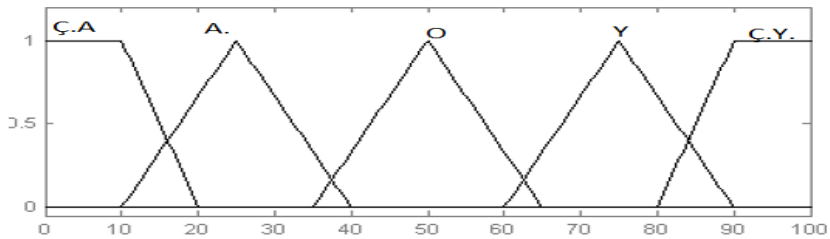


Şəkil 2.3.2. Məlumatın əldə edilməsinə kompleks yanaşma

Ancaq insan tərəfindən tanınan bir çox hadisələr kimi, fenomen yanğının da sensor qovşağı üçün heç bir funksiyası yoxdur. Buna görə də hadisələri sensor qovşaqlarının "anlaya biləcəyi" şəkildə təsvir etməyə imkan verən uyğun üsullara ehtiyac var [10, s.346]. Bunlardan biri qeyri-səlis üsuldur. Qeyri-səlis məntiqin simsiz sensor şəbəkələrində istifadəyə uyğunluğu insan düşüncə tərzinə dəqiq məntiqdən daha çox yaxın olması və ehtimal nəzəriyyəsinə əsaslanan digər təsnifat alqoritmləri ilə müqayisədə daha intuitiv və istifadəsinin daha asan olmasıdır. O, dəyişənləri rəqəmlərlə deyil, təbii və ya süni dildə sözlər və ya cümlələr olan dil dəyişənlərindən istifadə etməklə müəyyənləşdirməyə imkan verir. Qeyri-səlis qaydalar Əgər-Onda şəklində şərti ifadələrdir. Bu qaydalar adi riyazi hesablama metodlarından daha az hesablama gücü tələb edir, son nəticəni çıxarmaq üçün az məlumat nümunəsi tələb edir. Ən əsası, problemləri izah etmək üçün linqivistik termlərdən istifadə etdikləri və qeyri-səlis məntiq sahəsində qaydaların yaradılmasını əvvəlki məlumatlardan asılı olmayaraq sadə hala gətirdiyi üçün effektiv şəkildə manipulyasiya edilə bilər (əsasən sistemin ekspert biliklərindən qaynaqlanan evristik məlumatlara əsaslanaraq). İlk təcrübədəki giriş verilənləri, əsasən, yanğını aşkarlama sistemləri haqqında ekspert biliklərindən irəli gələn evristik məlumatlara əsaslanan Əgər-Onda (If-Then) qaydaları kimi müəyyən edilir. Başqa sözlə, yanğının aşkarlanması istilik detektorunun ardıcıl olaraq ölçülmüş iki dəyərinə əsaslanır. Sabit temperatur istilik detektoru, qorunan ərazidəki temperatur əvvəlcədən müəyyən edilmiş bir səviyyəyə çatdıqda (məsələn, 57 ºC, 63 ºC, 74 ºC və ya 90 ºC) həyəcan vəziyyəti yaradan temperaturu ölçmə elementindən istifadə edir. Qeyri-səlis məntiqdə bu dəqiq qiymətlərdən istifadə etmək əvəzinə linqvistik termlərdən istifadə edilir. Şəkil 2.3.3-də (a) giriş dəyişənlərinin əvvəlki temperatur və cari temperaturu və (b) yanğın vəziyyətinin çıxış dəyişənin mənsubiyyət funksiyaları göstərilmişdir.



Şəkil 2.3.3 a) giriş dəyişənlərinin əvvəlki temperatur və cari temperatur



Şəkil 2.3.3 b) yanğın vəziyyətinin çıxış dəyişənin mənsubluq funksiyaları

Buna görə də, təcrübə məqsədi ilə qeyri-səlis texnikaya və yuxarıda göstərilən hədlərə uyğun olaraq temperatur detektorundan alınan verilənlər linqvistik termlərlə ifadə olunur: çox aşağı (ÇA), aşağı (A), orta (O), yüksək (Y) və çox yüksək (ÇY). Yanğın verilənlər testi cədvəl 2.3.1 göstərilmişdir.

Cədvəl 2.3.1

Verilənlər testi (ilk 10 qayda)

Əvvəlki temperatur	Cari temperatur	Yanğın ehtimalı
ÇA	ÇA	ÇA
ÇA	A	A
ÇA	O	O
ÇA	Y	O
ÇA	ÇY	Y
A	ÇA	ÇA
A	A	A
A	O	O
A	Y	Y
A	ÇY	ÇY

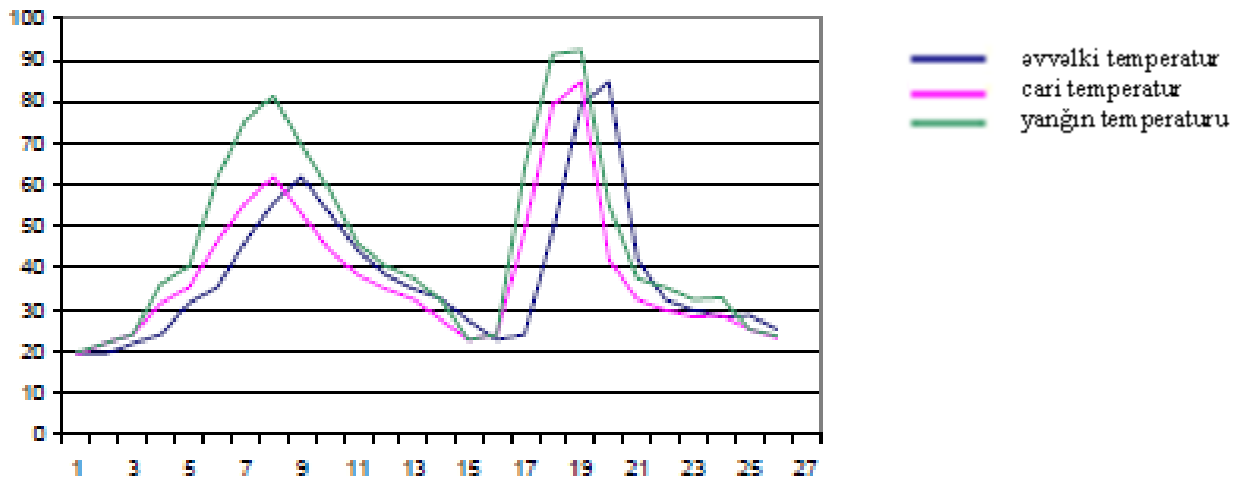
Yanğının aşkarlanması üçün istifadə olunan əlaqəli çıxış sensor verilənləri nominal dəyərlərə çevrilir. İlk 10 ölçülmüş dəyər və çevrilmiş çıxış verilənləri cədvəl 2.3.2-də təqdim olunur.

Cədəvl 2.3.2

2-ci yanğın verilənlər testi (ilk 10 ölçmə)

Əvvəlki temperatur	Cari temperatur	Yanğın ehtimalı	Yanğın ehtimalı nominal
19.4	19.4	19.98	ÇA
19.4	21.95	22.03	A
21.95	23.87	23.96	A
23.87	31.51	36.37	A
31.51	35.44	40.35	O
35.44	46.54	61.41	Y
46.54	55.49	75.53	Y
55.49	62.08	81.37	ÇY
62.08	53.17	69.49	Y
53.17	44.27	58.6	O

Beləliklə, yanğının aşkarlanması şəkil 2.3.4-də göstərilən ardıcıl olaraq ölçülmüş 26 temperaturlu detektorun dəqiq məlumatlarına əsaslanır.



Şəkil 2.3.4. Əvvəlki və cari temperaturun ölçülmüş dəyərləri və təcrübədə göstərilən qaydalardan istifadə edərək yanğın ehtimalı

Yanğın aşkarlama tətbiqetmələrində yarana biləcək böyük həcmdə sensor məlumat axını, bütün verilənləri əsas yaddaşda saxlamalı olan alqoritmlərin istifadəsini mümkünsüz edir. Bu məqsədlə tam qayda bazasında yanğının aşkarlanması üçün qeyri-səlis qaydalardan ibarət olan qeyri-səlis nizamsız qayda induksiya alqoritmi yaradılır. Digər dörd seçilmiş alqoritm, yanğını aşkar etmə halında, böyük həcmdə sensor verilənlərində gizlənmiş faydalı məlumatları üzə çıxaran ən yaxşı proqnozlaşdırma modellərini yaratmaq məqsədi ilə qeyri-səlis nizamsız qayda induksiya alqoritmi istifadə edərək alınan nəticələrlə müqayisə ediləcəkdir. Klasterləşdirmə (qruplaşdırma) ən çox istifadə olunan məlumat axtarışı alqoritmidir və tədqiqat verilənlərinin təhlili olaraq istifadə olunur, reqresiya və ya təsnifat kimi digər verilənlərin hasilatı üsullarına daxil edilir [79, s.49]. Beləliklə, müqayisəli analiz qeyri-səlis nizamsız qayda induksiya, qərar ağacı klassifikatoru, sadə Bayes klassifikatoru, dəstək vektor metodu, sinir şəbəkə klassifikatoru alqoritmlərinə əsaslanır. Qeyri-səlis nizamsız qayda induksiya alqoritmi sadə və aydın qayda çoxluqları kimi üstünlüklərini qoruyaraq alqoritmi genişləndirən qeyri-səlis qayda əsaslı təsnifat metodudur. Bundan əlavə, bu metod bir sıra dəyişikliklər və əlavələri özündə ehtiva edir. O, adi sərt qaydalar yerinə qeyri-səlis qaydaları, eləcə də qayda siyahısı əvəzinə nizamsız qaydanı əldə edir. Məqsəd mövcud qaydaları nümunəni əhatə edənədək ümumiləşdirməkdir. Qərar ağacı klassifikatoru, bir sıra xüsusiyyətlər seçib giriş verilənlərini onlarla müqayisə edən və əsas üstünlüyü

təsnifat sürəti olan ağac əsaslı klassifikatordur. Öyrənilən nümunələr ağac kimi təmsil olunur, ağacdakı qovşaqlar xüsusiyyətlərin dəyərlərinə əsaslanır və ağacın yarpaqları qərarları təmin edir [133, s.568]. Hər sinif dəyəri üçün Sadə Bayes klassifikatoru (Bayes teoreminə əsaslanaraq), verilmiş nümunənin bu sinifə aid olma ehtimalını qiymətləndirir. O, statistik klassifikatordur və ehtimal olunan proqnozu həyata keçirir, yəni sinif mənsubluğu ehtimallarını proqnozlaşdırır. Sadə Bayes klassifikatoru, qərar ağacı və seçilmiş neyron şəbəkəsi klassifikatorları ilə müqayisə edilə bilən performansa malikdir. Hər bir təlim nümunəsi fərziyyənin doğru olma ehtimalını tədricən artıra və ya azalda bilər - əvvəlcədən biliklər müşahidə edilmiş məlumatlarla birləşdirilə bilər. Bayes metodları hesablama baxımından çətin olsa belə, optimal qərar standartı təmin edə bilər. Sadə Bayes ehtimallı bilikləri təmsil etmək, istifadə etmək və öyrənmək üçün aydın semantikası ilə sadə yanaşmanı təmin edir və effektiv nəticələr əldə edə bilər. Dəstək vektor metodu klassifikatoru giriş verilənlərindən funksiyalar yaradaraq fəaliyyət göstərirlər. Bu funksiya təsnifat funksiyası kimi istifadə olunur. Onlar, mümkün olan girişlər sahəsindəki hiper səth taparaq fəaliyyət göstərirlər. Bu hiper səth, müsbət nümunələri mənfi nümunələrdən, yəni, aşağını yüksəkdən bölür. Giriş verilənlərinin ölçülülüyü yüksək olarsa, dəstək vektor metodu hazırlıq üçün daha çox vaxt tələb edir. Neyron şəbəkə klassifikatoru bir çox nümunə tanıma məqsədi üçün istifadə olunur. O, şəbəkəni hazırlamaq üçün əks əlaqə alqoritmindən istifadə edir. Neyron şəbəkəsi klassifikatorlarının dəqiqliyi hazırlıq verilənlərinin ölçülülüyündən asılı deyil [128, s.68]. Neyron şəbəkəsi klassifikatorunun zəifliyi aşağıdakı kimi nəticələnə bilər: empirik olaraq ən yaxşı şəkildə təyin olunan bir sıra parametrlər tələb edən, uzun hazırlıq müddəti və zəif şərh edilə bilmə. Bu klassifikatorların digər tərəfdən gücü aşağıdakılardır: səs-küylü verilənlərə qarşı yüksək dözümlülük, hazırlanmamış nümunələri təsnif etmək bacarığı, davamlı dəyərli giriş və çıxış üçün uyğunluğu, böyük həcmli verilənlərdə uğurlu olması və s.

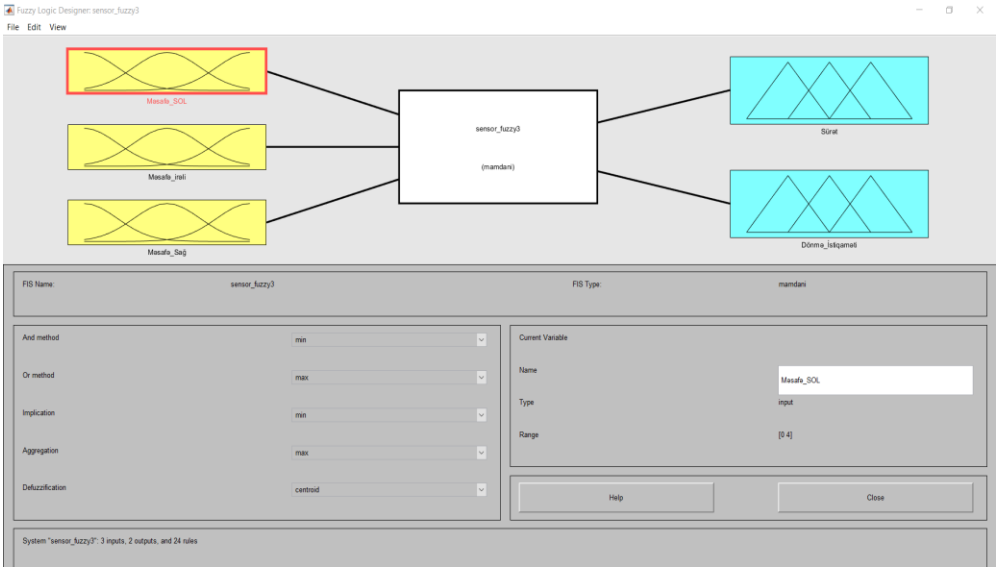
FƏSİL 3. QEYRİ- SƏLİS AQREQASİYA MODELİNİN İŞLƏNİLMƏSİ

3.1.Müxtəlif tipli qeyri-səlis verilənlərin modelləşdirilməsi və aqreqasiyası

Müxtəlif tipli qeyri-səlis verilənlərin modelləşdirilməsi və aqreqasiyası, qeyri-səlis obyektlərin aqreqasiyası metodları işlənib hazırlanmışdır. Buna nümunə olaraq MATLAB mühitində robotun hərəkət sensorunun simulyasiyasına baxılmışdır. Bu robotlarda qeyri-səlis məntiq sistemində qurulmuş mikrokontrollerdə giriş və çıxış parametrləri arasındakı əlaqə müəyyənləşdirilir. Robot qeyri-səlis məntiq ilə maneələrdən yayınmağa çalışır. Maneələr robotun önündə, solunda və sağındadır. Ona görə də 3 giriş parametri, kəmiyyəti var [93, s.23]. Çıxışda soldan səs siqnalı obyektə göndərilir və geri qayıtmasına sərf olunan zamanı hesablamaqla məsafə ölçülür. Bu məsafəyə uyğun çıxış kəmiyyəti var. Bütün çıxışların cəmi sonda görünür, aqreqasiya yerinə yetirilir. Nəticənin emalı Əgər-Onda (If-Then) ifadələri ilə təşkil olunan qaydaların işlənməsi ilə başlayır. Qaydanın əvvəlki və ya şərt bloku Əgər (If) ifadəsi ilə, nəticə və ya nəticə bloku isə Onda (Then) ifadəsi ilə müəyyən olunur. Nəticə blokuna verilən dəyər, qeyri-səlis çoxluqların sərhədlərini xarakterizə edən əvvəlki mənsubiyyət funksiyalarının aktivasiya qiymətlərinin məntiqi cəminə bərabərdir. Aktivasiya qiyməti, qiymətləndirmə anında giriş dəyişənlərinin kəsişdiyi mənsubiyyət funksiyasının qiymətinə bərabərdir. Məntiqi nəticə və ardıcıl mənsubiyyət funksiyaları ilə təmsil olunan qeyri-səlis qiymətləri sabit və dəqiq nəticəyə çevirmək üçün defazzifikasiya əməliyyatı aparılır [81, s.361]. Defazzifikasiya bir neçə yolla həyata keçirilə bilər. Əksər tətbiqetmələr, ardıcıl qeyri-səlis çoxluqda kütlə mərkəzi və ya qeyri-səlis sentroid hesablama həyata keçirir. Məsafə sol, məsafə irəli, məsafə sağ vəziyyətində çıxış sürəti və dönmə istiqamətinin fazzifikasiyası göstərilmişdir [93, s.21-25].

Softkomputinq texnologiyalarında ən çox yayılmış Əgər-Onda qeyri-səlis münasibətlərdə qeyri-səlis çoxluqların arasındakı asılılıqlar ekspertlər tərəfindən hazırlanan qaydalar əsasında yerinə yetirilir və tədqiq olunur [74, s.191]. Aqreqasiya

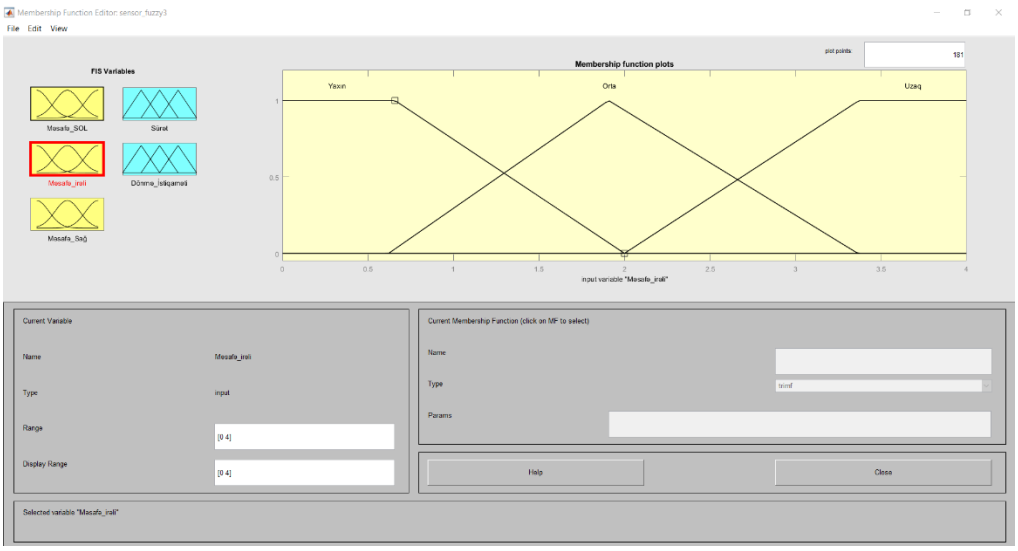
olunmuş nəticə qaydalar şəklində göstərilən hər bir qayda üçün doğruluq müəyyənləşdirildikdən sonra alınır. MATLAB mühitində qurulmuş qeyri-səlis kontrollerin ümumi interfeysini şəkil 3.1.1-dəki kimi göstərə bilərik.



Şəkil 3.1.1 MATLAB-da qurulmuş qeyri-səlis kontrollerin ümumi interfeysi

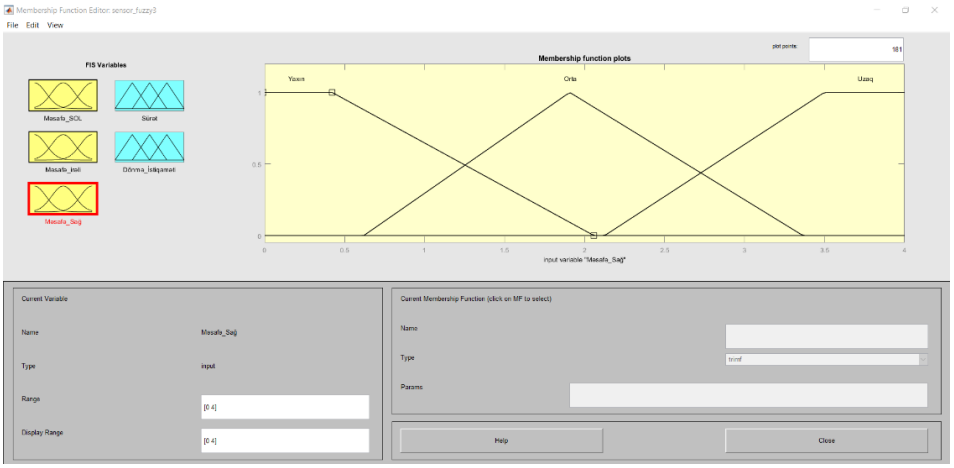
Bu qaydalardan istifadə edərək MATLAB mühitində giriş və çıxış kəmiyyətlərinin fazzifikasiyasına baxaq.

Giriş kəmiyyəti "Məsafə İrəli"-nin fazzifikasiyası şəkil 3.1.2-də göstərilmişdir.



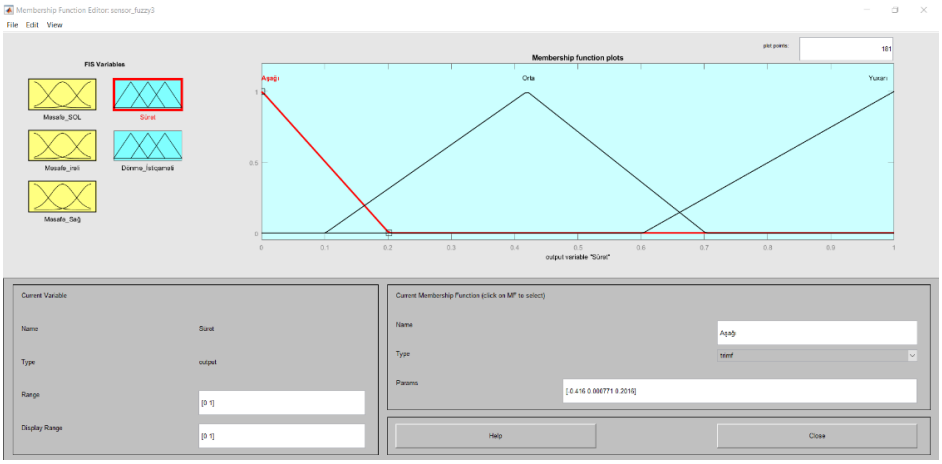
Şəkil 3.1.2. Giriş kəmiyyəti "Məsafə_İrəli" nin fazzifikasiyası

Giriş kəmiyyəti "Məsafə Sağ"-ın fazzifikasiyası şəkil 3.1.3-də göstərilmişdir.



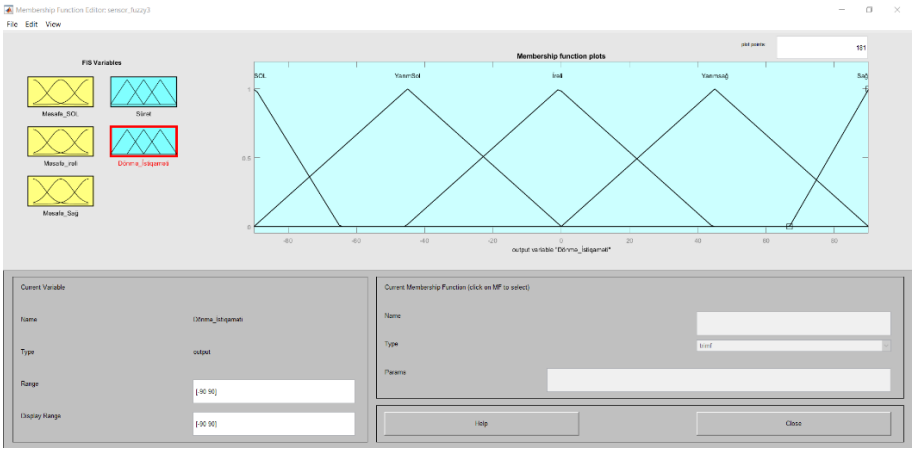
Şəkil 3.1.3 Giriş kəmiyyəti "Məsafə_Sağ" nin fazzifikasiyası

Çıxış kəmiyyəti "Sürət"-in fazzifikasiyası şəkil 3.1.4-də göstərilmişdir.



Şəkil 3.1.4 Çıxış kəmiyyəti "Sürət "in fazzifikasiyası

Şəkil 3.1.5-də çıxış kəmiyyəti "Dönmə bucağı"nın fazzifikasiyası göstərilmişdir.



Şəkil 3.1.5 Çıxış kəmiyyəti "Dönmə bucağı"nın fazzifikasiyası

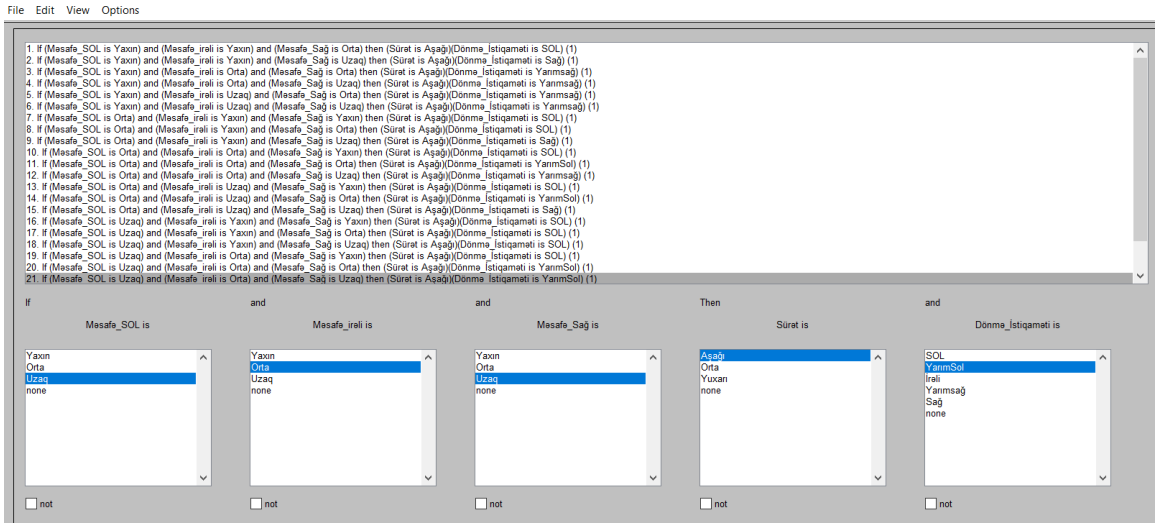
MATLAB mühitində robotun hərəkət sensorunun simulyasiyasını göstərən qaydalar ekspertlər tərəfindən irəli sürülür. Robotun hərəkət sensorunun simulyasiyasını göstərən 25 qayda aşağıdakı kimi təşkil edilmişdir:

1. Əgər (Məsafə Sola Yaxın) və (Məsafə irəliyə Yaxın) və (Məsafə Sağdan Ortadadırsa), Onda (Sürət aşağı, Dönmə istiqaməti Soladır).
2. Əgər (Məsafə Sola Yaxın) və (Məsafə irəliyə Yaxın) və (Məsafə Sağdan Uzaqdırsa), Onda (Sürət Aşağı, Dönmə istiqaməti Sağadır).
3. Əgər (Məsafə Sola Yaxın) və (Məsafə irəlidən Orta) və (Məsafə Sağdan Ortadırsa),Onda (Sürət Aşağı, Dönmə istiqaməti is Yarımsağ).
4. Əgər (Məsafə Sola Yaxın) və (Məsafə irəlidən Orta) və (Məsafə Sağdan Uzaqdırsa), Onda (Sürət Aşağı, Dönmə istiqaməti Yarımsağ).
5. Əgər (Məsafə Sola Yaxın) və (Məsafə irəlidən Uzaq) və (Məsafə Sağdan Ortadırsa), Onda (Sürət Aşağı, Dönmə istiqaməti Yarımsağ).
6. Əgər (Məsafə Sola Yaxın) və (Məsafə irəlidən Uzaq) və (Məsafə Sağdan Uzaqdırsa), Onda (Sürət Aşağı, Dönmə istiqaməti Yarımsağ).
7. Əgər (Məsafə Soldan Orta) və (Məsafə irəliyə Yaxın) və (Məsafə Sağa Yaxındırsa), Onda (Sürət Aşağı, Dönmə istiqaməti Sol).
8. Əgər (Məsafə Soldan Orta) və (Məsafə irəliyə Yaxın) və (Məsafə Sağdan Ortadadırsa), Onda (Sürət Aşağı, Dönmə istiqaməti Sol).
9. Əgər (Məsafə Soldan Orta) və (Məsafə irəliyəYaxın) və (Məsafə Sağdan Uzaqdırsa), Onda (Sürət Aşağı, Dönmə istiqaməti Sağ).
10. Əgər (Məsafə Soldan Orta) və (Məsafə irəlidən Orta) və (Məsafə Sağa Yaxındırsa), Onda (Sürət Asaği, Dönmə istiqaməti Sol).
11. Əgər (Məsafə Soldan Orta) və (Məsafə irəlidən Orta) və (Məsafə Sağdan Ortadırsa) onda (Sürət Asağı, Dönmə istiqaməti Yarımsol).
12. Əgər (Məsafə Soldan Orta) və (Məsafə irəlidən Orta) və (Məsafə Sağdan Uzaqdırsa), Onda (Sürət Aşağı, Dönmə istiqaməti Yarımsağ).
13. Əgər (Məsafə Soldan Orta) və (Məsafə irəlidən Uzaq) və (Məsafə Sağa Yaxındırsa), Onda (Sürət Asağı, Dönmə istiqaməti Sol).

14. Əgər (Məsafə Soldan Orta) və (Məsafə irəlidən Uzaq) və (Məsafə Sağdan Ortadırsa), Onda (Sürət Aşağı (Dönmə istiqaməti Yarimsol).
15. Əgər (Məsafə Soldan Orta) və (Məsafə irəlidən Uzaq) və (Məsafə Sağdan Uzaqdırsa), Onda (Sürət Asaği, Dönmə istiqaməti Sağ).
16. Əgər (Məsafə Soldan Uzaq) və (Məsafə irəliyə Yaxın) və (Məsafə Sağa Yaxındırsa), Onda (Sürət Aşağı, Dönmə istiqaməti Sol).
17. Əgər (Məsafə Soldan Uzaq) və (Məsafə irəliyə Yaxın) və (Məsafə Sağdan Ortadırsa), Onda (Sürət Asaği, Dönmə istiqaməti Sol).
18. Əgər (Məsafə Soldan Uzaq) və (Məsafə irəliyə Yaxın) və (Məsafə Sağdan Uzaqdırsa), Onda (Sürət Asaği, Dönmə istiqaməti Sol).
19. Əgər (Məsafə Soldan Uzaq) və (Məsafə irəlidən Orta) və (Məsafə Sağa Yaxındırsa), Onda (Sürət Aşağı, Dönmə istiqaməti Sol).
20. Əgər (Məsafə Soldan Uzaq) və (Məsafə irəlidən Orta) və (Məsafə Sağdan Ortadırsa), Onda (Sürət Aşağı, Dönmə istiqaməti Yarımsol).
21. Əgər (Məsafə Soldan Uzaq) və (Məsafə irəlidən Orta) və (Məsafə Sağdan Uzaqdırsa), Onda (Sürət Asaği, Dönmə istiqaməti Yarmsol).
22. Əgər (Məsafə Soldan Uzaq) və (Məsafə irəlidən Uzaq) və (Məsafə Sağa Yaxındırsa), Onda (Sürət Aşağı, Dönmə istiqaməti Sol).
23. Əgər (Məsafə Soldan Uzaq) və (Məsafə irəlidən Uzaq) və (Məsafə Sağdan Ortadırsa), Onda (Sürət Aşağı, Dönmə istiqaməti Yarimsol).
24. Əgər (Məsafə Soldan Uzaq) və (Məsafə irəlidən Uzaq) və (Məsafə Sağdan Uzaqdırsa), Onda (Sürət Yuxarı, Dönmə istiqaməti Irəli).
25. Əgər (Məsafə Soldan Uzaq) və (Məsafə irəliyə Yaxın) və (Məsafə Sağdan Uzaqdırsa), Onda (Sürət Aşağı, Dönmə Istiqaməti Sol) olacaqdır.

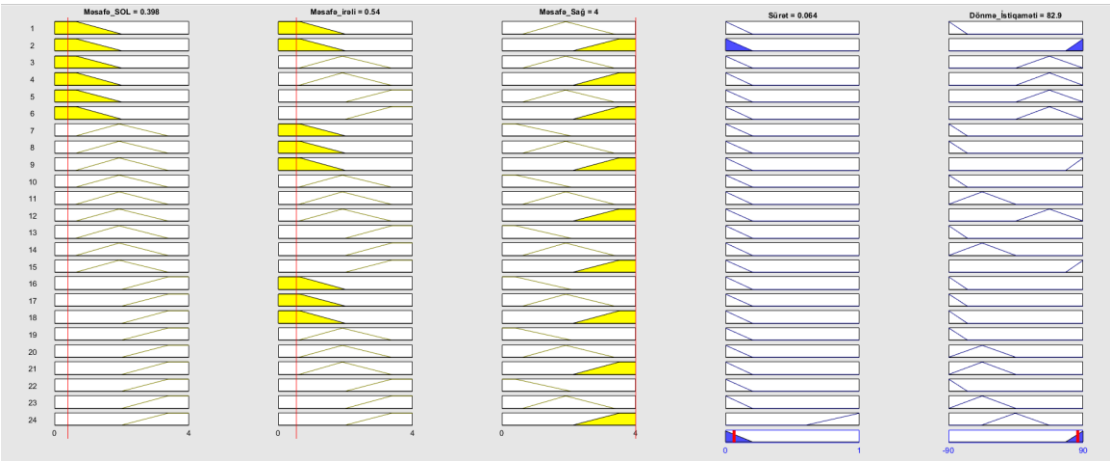
Bu qaydalardan istifadə edərək MATLAB mühitində giriş və çıxış kəmiyyətlərinin fazzifikasiyasına baxaq.

Aqreqasiya olunmuş nəticə qaydalar şəklində göstərilən hər bir qayda üçün doğruluq müəyyənləşdirildikdən sonra alınır. Softkomputinq texnologiyalarında ən çox yayılmış Əgər-Onda (İf-Then) qeyri-səlis münasibətlərdə qeyri-səlis çoxluqların arasındakı asılılıqlar şəkil 3.1.6-da göstərilmişdir [93, s.23].



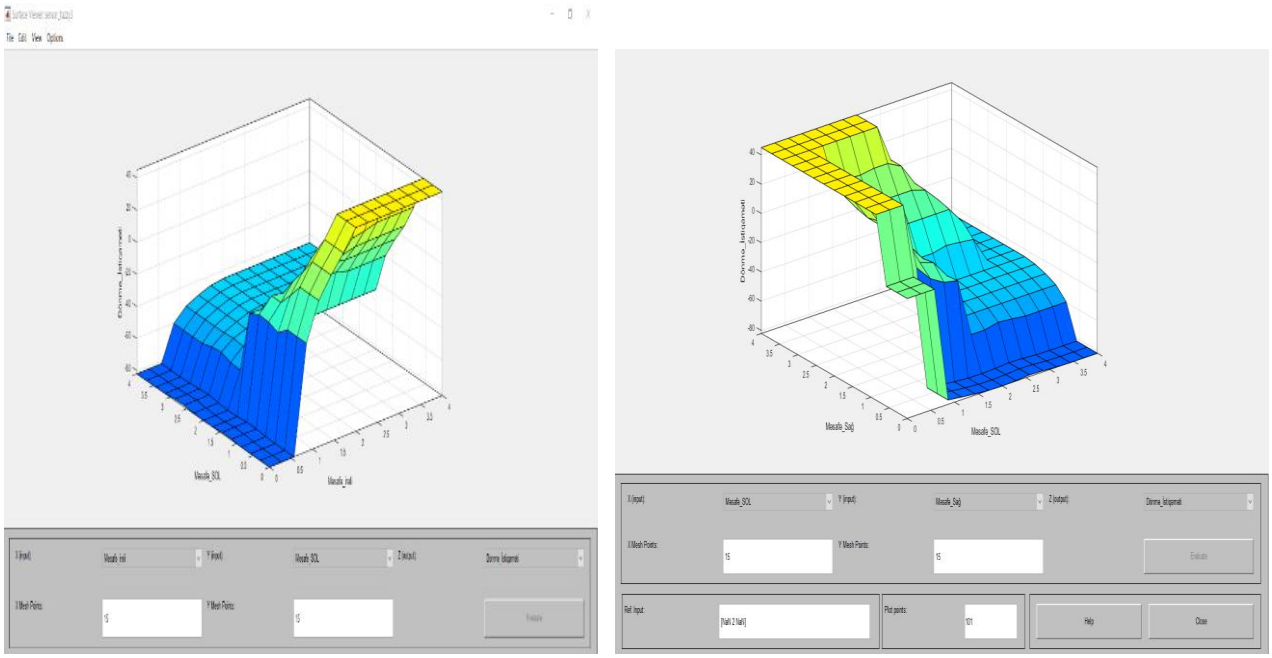
Şəkil 3.1.6 Əgər-Onda (İf-Then) qeyri-səlis münasibətlərdə qeyri-səlis çoxluqların arasındakı asılılıqlar

MATLAB mühitində Əgər-Onda qeyri-səlis münasibətlərdə qeyri-səlis çoxluqların arasındakı asılılıqların qayda cədvəlindən istifadə edərək qaydaların aktivləşdirilməsindən alınan nəticə şəkil 3.1.7-dəki kimi olur.

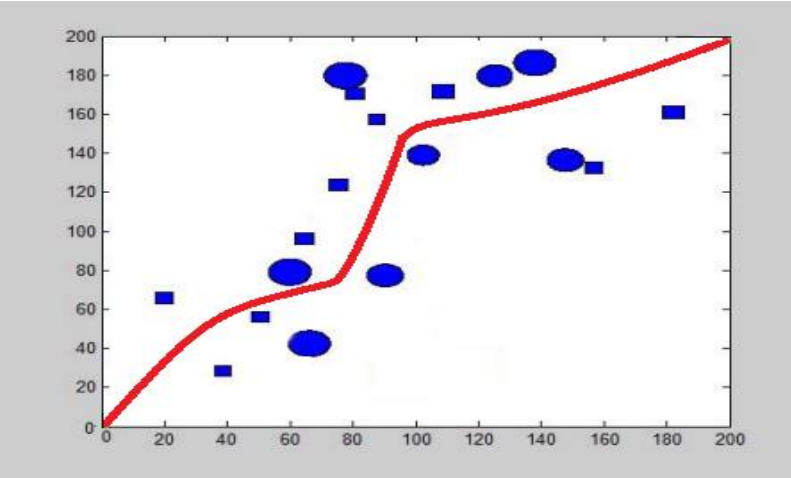


Şəkil 3.1.7 Qeyri-səlis qaydaların aktivləşdirmə pəncərəsi

MATLAB mühitində qeyri-səlis qaydaların aktivləşdirmə pəncərəsi şəkil 3.1.8-də göstərilmişdir. Şəkil 3.1.9-da qeyri-səlis kontrollerli robotun maneələrdən yayınması təsvir edilmişdir [84, s.106], [10, s.39]. Simulyasiyanın nəticəsi qeyri-səlis kontrollerli robotun, bu robotun hərəkət istiqamətinə yerləşdirilmiş maneələrdən effektli formada yayındığını göstərir.



Şəkil 3.1.8 Qeyri-səlis qaydaların aktivləşdirmə pəncərəsi



Şəkil 3.1.9 Qeyri-səlis kontrollerli robotun maneələrdən yayınması

Proqram hesablama texnologiyalarında ən çox yayılmış Əgər-Onda qeyri-səlis münasibətlərində qeyri-səlis çoxluqlar arasındakı asılılıqlar mütəxəssislər tərəfindən hazırlanmış qaydalar əsasında yerinə yetirilir və öyrənilir [43, s.418]. Ümumi nəticə qaydalar cədvəlində göstərilən hər bir qayda üzrə dəqiqliyi müəyyən etdikdən sonra alınır. MATLAB mühitində robotun hərəkət sensorunun simulyasiyasını göstərən qaydalar cədvəli və ekspertlər tərəfindən təklif olunan 25 qayda nəzərdən keçirilərək, bu qaydalar əsasında qeyri-səlis kontroller qurulmuş və simulyasiya edilmişdir.

Simulyasiya nəticələri qeyri-səlis kontrollerli robotun qeyri-müəyyənlik şəraitində yüksək idarəetmə qabiliyyətinə malik olmasını göstərir [46 s.79].

İnsan bilikləri üçün mövcud olan məlumatların səlis və ya qeyri-səlis məlumatlar olduğu deyilir. Toplama operatorları, məsələn, qeyri -səlis toplama operatorları sonlu bir ədəd dəyərlərinin (nisbi, qeyri-səlis dəyərlər) vahid bir ədədi dəyərə (məsələn qeyri-səlis ədədə) birləşdirilməsi və ümumiləşdirilməsi üçün faydalı modellərdir.

Real dünyada bəzən mövcud məlumatların dəqiq rəqəmlərlə qiymətləndirilə bilmədiyi vəziyyətlərlə qarşılaşırıq və bu cür məlumatları yüksək dərəcədə qeyri-müəyyənlik və ya qeyri-səlisliklə təqdim etmək üçün başqa bir yanaşmadan istifadə etmək lazımdır. Bu vəziyyətdə, qeyri-səlis ədədlər, interval nömrələri və dil dəyişənləri daxil olmaqla bir neçə üsul mövcuddur. Əksər hallarda, toplama operatorları sırf aksiomatik əsasda təyin olunur və ya məntiqi bağlayıcılar (t-normlar və t-conormlar kimi) və ya kompensasiya effektinə imkan verən ortalamalı operatorlar, məsələn, arifmetik orta kimi şərh olunur. Digər tərəfdən, yuxarıda göstərilən operator siniflərinin insanların praktikada istifadə etdiklərindən fərqli olduğunu bəzi empirik testlərlə müşahidə etmək olar. Buna görə də müəyyən mənada əvvəlkilərin qarışığı olan və müəyyən dərəcədə kompensasiyaya imkan verən operatorları tapmaq vacibdir [42, s.448]. Sistem və ya proses haqqında məlumat, məsələn, müvafiq sahənin mütəxəssislərindən qaynaqlana bilər. Ekspertizanın səviyyəsindən asılı olaraq hər bir ekspertin x məlumatı bu ekspertin təcrübəsini və ya dəqiqliyini əks etdirən fərdi qeyri-müəyyənlik və ya qeyri-müəyyənlik dərəcəsi ilə əlaqələndirilir. Həmçinin, ekspert bildirişlərinin keyfiyyəti verilmiş məlumatın (dəyişən) təzahürü ilə fərqlənə bilər, yəni işarə sahəsindəki yerdən asılıdır. Məlumat linqvistik dəyişənlər və ya dəyişdiricilər şəklində verilirsə məsələn, “təxminən 20 sm”, dəqiq mühəndis tərəfindən “təxminən” göstərilən qeyri-müəyyənliyin şərhi, ehtimal ki, məkan konstruktorunun şərhindən fərqli olacaq. Başqa bir praktiki nümunədə yemək reseptlərindəki kəmiyyətlər peşəkar və ya həvəskar aşpazın təcrübəsindən asılı olaraq müxtəlif dəqiqliklə şərh edilir. Xəstəliklərin diaqnostikası sahəsində “yüngül” və ya “ağır” kimi linqvistik eyni qiymətləndirmələrin kəmiyyətcə

fərqli şərhləri haqqında hesabat verir. Belə qeyri-müəyyən ekspert bildirişlərinin modelləşdirilməsində qeyri-səlis çoxluqlar faydalı vasitə olduğunu sübut etdi.

Digər tərəfdən, ölçmələr vasitəsi ilə bir sistem və ya prosesi müşahidə edərkən, ölçülmüş kəmiyyət demək olar ki, həmişə müxtəlif növ qeyri-müəyyənliyə məruz qalır[8, s.56]. Məsələn, bizi maraqlandıran fiziki kəmiyyəti ölçmək üçün bir sensoru nəzərdən keçirsək, sensorun çıxışı f^* çox güman ki, sensor prinsipindən və onun həyata keçirilməsindən asılı olaraq faktiki fiziki kəmiyyət x^* ilə düz mütənasib olmur, əksinə $f(x)$ qeyri-xətti asılılığın nəticəsidir.

Oxunuşları $f(x)$ müxtəlif qeyri-müəyyənlik intervalları ilə faktiki fiziki kəmiyyətin x^* qiymətlərinə səbəb ola bilər. Həmçinin, xüsusiyyətlər müxtəlif (qeyri-stasionar) ölçmə şərtləri altında hətta bir sensor üçün dəyişə bilər.

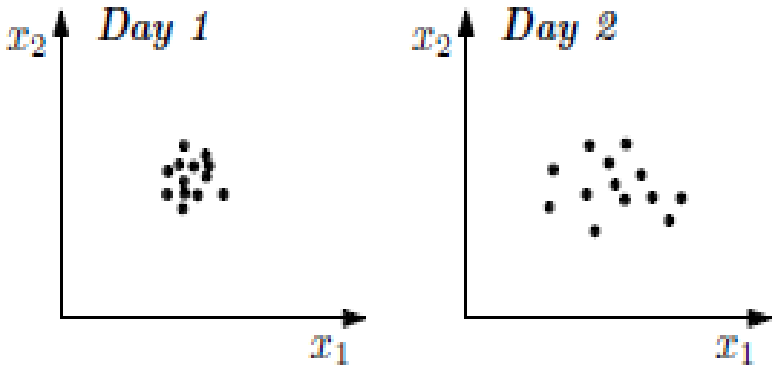
İki fərqli sensoru və ya sensor prinsipini nəzərdən keçirsək, $f * \Delta f$ oxunuşunun oxşar qeyri-müəyyən sensoru daha sonra müxtəlif, asimmetrik qeyri-müəyyənlik səviyyələri ilə faktiki fiziki kəmiyyətin qiymətlərinə çevrilir [39, s.5]. Müxtəlif sensorlardan alınan məlumatların birləşməsi hər bir x^* ölçünün fərdi qeyri-müəyyənliyini nəzərə almalıdır. Bundan əlavə, sensor xüsusiyyətləri zaman və ya şərtlərlə dəyişə bilər ki, bu halda qeyri-müəyyənlik intervalı üçün dəqiq dəyərlər əldə edilə bilməz və $f(x)$ üçün yalnız qeyri-müəyyən model müəyyən edilə bilər.

Sensorların qeyri-xətti xarakteristikaları üçün modellər mövcud olmadıqda, istənilən x fiziki dəyərinin fərdi, asimmetrik qeyri-müəyyənliyi haqqında bilik əldə etmək üçün f silsilə ölçmə aparıla bilər. Bundan əlavə, ölçmələrin və ya ölçmə seriyalarının qeyri-müəyyənliyi ölçmə şərtlərindən çox asılı ola bilər.

Qeyri-müəyyənliyin belə qeyri-stasionar davranışı da fərdi qaydada nəzərdən keçirilməli və modelləşdirilməlidir. Məsələn, mövqe radar və ya ultrasəs sensorlarından ölçmələr hava şəraitindən asılı ola bilər [117, s.121]. Qeyri-müəyyənliyin belə stasionar olmayan davranışı ayrıca nəzərdən keçirilməli və individual olaraq modelləşdirilməlidir. Nəticə olaraq demək olar ki, ölçmə və ya məlumat eyni real vəziyyət haqqında, hətta təxminən eyni parametrin qiyməti fərdi

qeyri-müəyyənlik dərəcələrindən asılı olaraq dəyişdirilə bilər.

Məsələn, radar və ya ultrasəs sensorlarından pozisiya ölçmələrinə hava şəraiti təsir edə bilər. Qeyri-müəyyənliyə təsir edən müxtəlif ölçmə şərtləri altında yerinə yetirilən pozisiya ölçmələri seriyası şəkil 3.1.10-da göstərilmişdir.



Şəkil 3.1.10 Qeyri-müəyyənliyə təsir edən müxtəlif ölçmə şərtləri altında yerinə yetirilən pozisiya ölçmələri seriyası

Dəqiq qeyri-müəyyənlik üçün intervalların sərhədlərinin aydınlaşdırılması həmişə mümkün olmaya bilər. Bu səbəbdən qeyri-səlis çoxluqlardan istifadə edərək intervalların müəyyənləşməsində qeyri-səlis modelləşdirməni təklif edilir. Nə qədər ki, qeyri-səlis təhlil üçün digər güclü məlumatlar mövcuddur, bu verilənlər üzərində qurulmuş məlumatlarla yanaşı, həm də ekspert əsaslı məlumatlara əsaslanan qeyri-səlis çoxluqlarla birgə modelləşdirməyə imkan verir [38, s.68].

Uyğun sistemlər üçün verilənlərin aqreqasiya üsullarını ətraflı nəzərdən keçirmək üçün ilk növbədə birbaşa "verilənlərin aqreqasiyası" anlayışını müəyyən etmək lazımdır [126, s.91]. Verilənlərin aqreqasiya proseduru ilkin məlumat toplusunu həcmcə orijinaldan daha kiçik olan alt çoxluqlara bölmək üçün tanınmış metodlardan istifadə etməklə, məlumatlarda yeni bilik və nümunələri saxlamaq və aşkar etməkdən ibarətdir. Bu konteksdə aqreqasiya informasiyanın “sıxılması” prosesinə bənzəyir. Ancaq başqa bir nöqteyi-nəzər də var ki, aqreqasiya təfərrüatlı məlumat toplusunun ən ümumi, detallı formaya gətirilməsi proseduru kimi qəbul edilir, baxılır. Bu aqreqatlar adlanan xüsusi dərəcələri, qiymətləri, mənsubiyyəti tapmaqla həyata keçirilir, buna görə də sözügedən prosedurun adı buradan

götürülmüşdür [69, s.108]. Bu qiymətlər mövcud olan tətbiq və istifadədə bu və ya başqa formada bir növ çevrilmənin tətbiqinin nəticəsidir. Aqreqasiya edilmiş prosedurların parlaq nümunələri kimi maksimum, minimum, median qiymətlərin tapılması, məlumatlarda kənar göstəricilərin aradan qaldırılması və s. göstərilə bilər. Məlumatların aqreqasiyasının güclü tərəfləri arasında təsadüfi amillərin ona daha az təsir göstərməsi səbəbindən ümumiləşdirilmiş məlumatın tez-tez dəyişməyə çox davamlı olması faktıdı. Bundan əlavə, verilənlərdə prosesinin ümumi tendensiyaları və qanunauyğunluqları daha aydın görünür. Bununla belə, məlumatların həddən artıq ümumiləşdirilməsi və təfərrüatlardan məqsədyönlü şəkildə yayınma tədqiq olunan proses haqqında bəzi vacib məlumatların itirilməsinin səbəbi ola bilər. Məlumatların aqreqasiyası proseduru həm də onların birləşdirilməsi və ayrı-ayrı elementlər üzrə vahid bilik sisteminin yaradılması prosesini əhatə edir. Məlumdur ki, müxtəlif sistemləri üçün verilənlərin aqreqasiya üsulları kifayət qədər müxtəlifdir. Lakin onlar verilənlənlərdən əvvəl gəlir. Bu mərhələyə çox diqqət yetirilir, çünki o, əsasdır və baza olaraq hər hansı bir öyrənmə layihəsində qoyulmuş bütün proseslərə birbaşa təsir göstərir. Həm də mübahisəsiz fakt olaraq qəbul edilir ki, həyata keçirilən modelin proqnozlarının keyfiyyəti bu və ya digər maşın öyrənmə alqoritminin öyrədildiyi toplanmış, yığılmış məlumatların keyfiyyətindən əsaslı şəkildə asılıdır. Sonra proqnozlaşdırıcı modelləri öyrətmək üçün məlumat dəstlərinin formalaşması üsullarını nəzərdən keçiririk [114, s.122]. İlk variant olaraq sərbəst giriş mövcud olan aqreqasiya olunmuş verilənlər dəsti qəbul edilir, çıxış edir. Bu, problemin ifadəsinin (məsələn, obyektin tanınması) mövcud iş təcrübəsinə əsaslandığı ideal bir seçimdir. İkinci üsul tədqiqatçı üçün maraqlı olan İnternet resursunun məzmununu əldə etmək imkanı verən xüsusi alətlər və "hörümçəklər" adlanan vasitələrdən istifadə edərək veb-resurslardan məlumatların təhlili və çıxarılmasıdır. Sonra şəxsi məlumatlar gəlir. Maşın öyrənmə mühəndisləri öz məlumatlarını yarada bilərlər. Bu, modeli öyrətmək üçün lazım olan məlumatların miqdarı kiçik olduqda və problem bəyanatı açıq mənbəli verilənlər toplusunu ümumiləşdirmək üçün çox spesifik olduqda faydalıdır.

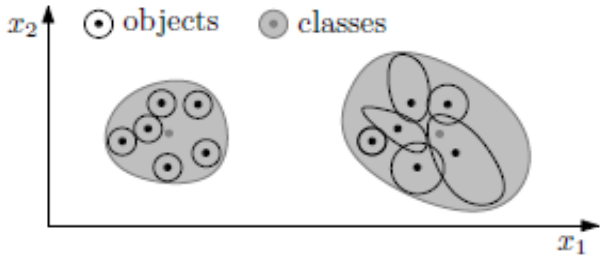
Baxılanlardan birincisi paylanmış aqreqasiyadır. Histoqramlardan istifadə edərək məkan xüsusiyyətinin istifadəsinə əsaslanan bir məlumat aqreqasiya növüdür.

Bu yanaşmanın üstünlüyü ondan ibarətdir ki, modelləşdirmə üçün məlumatların hazırlanmasının ilkin mərhələsində sonradan proqnozlara mənfi təsir göstərə bilən kənar göstəriciləri, təsirləri aradan qaldırmaqla lazımsız məlumatlardan xilas olmaq, faydalı olan və ilkin təhlil aparmağa imkan verən məlumatlardan yararlanmaqla verilənlərin birbaşa sıxılması və modelin öyrənilməsinə, sərf olunan zamanın az olmasına gətirib çıxarır. Paylanmış aqreqasiya üsulu ilə yanaşı müvəqqəti aqreqasiya metodu istifadə olunur, tədqiq olunan dəyişənin tezliyinin dəyişməsinin müşahidə olunması ilə əlaqədardır. Məlumat itkisi baş verərsə, alternativ kimi orta qiymət və ya interval analizindən istifadə edilir [116, s.11]. Nə qədər ki, qeyri-səlis təhlil üçün digər güclü məlumatlar mövcuddur, bu verilənlər üzərində qurulmuş məlumatlarla yanaşı, həm də ekspert əsaslı məlumatlara əsaslanan qeyri-səlis çoxluqlarla birgə modelləşdirməyə imkan verir. Bu yanaşmanın üstünlüyü ondan ibarətdir ki, modelləşdirmə üçün məlumatların hazırlanmasının ilkin mərhələsində sonradan proqnozlara mənfi təsir göstərə bilən kənar göstəriciləri, təsirləri aradan qaldırmaqla lazımsız məlumatlardan xilas olmaq, faydalı olan və ilkin təhlil aparmağa imkan verən məlumatlardan yararlanmaqla verilənlərin birbaşa sıxılması və modelin öyrənilməsinə, sərf olunan zamanın az olmasına gətirib çıxarır [120, s.11]. Qeyri-müəyyən obyekt (yuxarıda təklif edildiyi kimi qeyri-səlis şəkildə təsvir edilmiş fenomenin müşahidəsi), əlavə bilik əldə edilmədiyi müddətcə, əlbəttə ki, öz-özünə bir sinif edə bilər. Beləliklə, qeyri-səlis çoxluqlar vasitəsi ilə elementar müşahidələrin (obyektlərin) və hadisələrin (siniflərin) mücərrəd təsvirlərinin ardıcıl və vahid modelləşdirilməsi ortaya çıxır. Sinif, işarələr sahəsində obyektlərin daşıdığı biliyin mücərrəd, ümumiləşdirilmiş formasını təmsil edə bildiyi üçün, hər bir obyektin fərdi xüsusiyyətlərini əldə edərək, bir sıra müxtəlif növlü qeyri-səlis obyektləri bu sinfin qeyri-səlis təsvirinə çevirən toplama proseduru tələb olunur, bu halda prosedur əsasında obyekti nəzərə alır [37, s.56].

Potensial funksiyasının ümumiləşdirilməsi kimi təqdim edilən asimmetrik qeyri-səlis çoxluğu $\mu : R(0, a]$ müəyyən edir.

$$\mu(x)=\begin{cases}\dfrac{a}{1+\left(\dfrac{1}{b_1}-1\right)\left(\dfrac{r-x}{c_1}\right)^{d_1}}, x<r\\ \dfrac{a}{1+\left(\dfrac{1}{b_r}-1\right)\left(\dfrac{x-r}{c_r}\right)^{d_1}}, x\geq r\end{cases} \quad (3.1.1)$$

Eyni növlü və müvtəlif növlü qeyri-müəyyənliyə malik obyektlərin (qara) qeyri-müəyyən siniflərdə (boz) aqreqasiyası şəkil 3.1.11 göstərilmişdir.



Şəkil 3.1.11 Eyni növlü və müvtəlif növlü qeyri-müəyyənliyə malik obyektlərin (qara) qeyri-müəyyən siniflərdə (boz) aqreqasiyası

Kompensator xarakteri, T-norm operatorları tərəfindən yerinə yetirilməyən x = r $c_{l/r}$, üçün istənilən sərhəd mənsubiyyətini saxlayarkən doğruluq dəyərlərinin interaktivliyinə zəmanət verir [108, s.79]. Kompensator operatoru aqreqasiya operatorunun bütün xüsusiyyətlərini təmin edir.

$$\bigcap_{Ham}^{N}\mu_i=\left(\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\frac{1}{\mu_i}\right)^{-1} \quad (3.1.2)$$

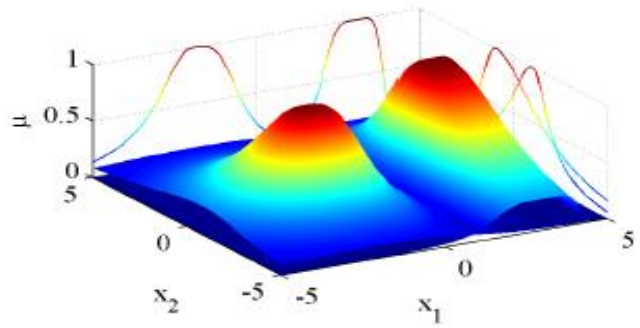
(3.1.2)-dəki kəsişmə, konyunktiv birləşmədə çox dəyişənlərdən istifadə edən qayda-əsaslı qeyri-səlis sistemlərdə çıxışın qiymətləndirilməsi ilə analoji şəkildə şərh edilə bilər:

$$\mu(x)=\mu_1(x_1)\cap\ldots\cap\mu_N(x_N) \quad (3.1.3)$$

Bu yanaşmanın faydası olaraq, onun birdəyişənli əsas funksiyası ilə eyni şərh edilə bilən strukturu nümayiş etdirən parametrik çoxdəyişənli qeyri-səlis çoxluğu əldə edirik.

$$\mu(x)=\frac{a}{1+\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(\frac{1}{b_i}-1\right)\left|\frac{x_i-r_i}{c_i}\right|^{d_1}} \qquad (3.1.4)$$

İkiölçülü işarələr sahəsində asimmetrik qeyri-səlis çoxluqların iki nümunəsi və onların hər bir ölçü üçün birdəyişənli əsas funksiyaları şəkil 3.1.11-də təsvir edilmişdir.



Şəkil 3.1.12. İki ölçülü çoxluqların iki nümunəsi

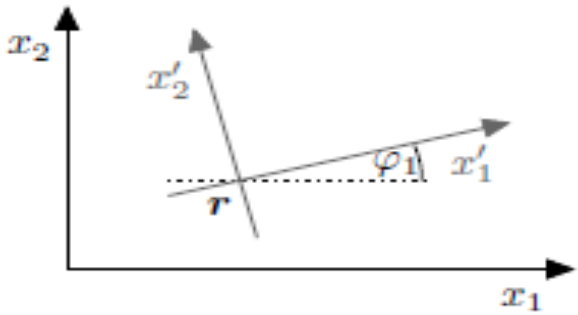
Qeyri-səlis məlumatların və ya hadisələrin daha da dəqiq modelləşdirilməsini təmin etmək üçün mənsubiyyət funksiyalarının öz təmsil (modal) nöqtəsi r ətrafında ayrı-ayrılıqda fırlanmasına şərait yaradılır ki, hər bir mənsubiyyət funksiyası mərkəzləşmiş öz koordinat sistemində müəyyən edilsin. r. ϕk, k = 1…… (N 1) fırlanma bucaqlarından istifadə edərək fırlanma işarələr sahəsinin (x_1, x_{k+1}) müstəvisində sonrakı fırlanmalarla həyata keçirilir. Hər bir mənsubiyyət funksiyası üçün fərdi koordinat çevrilməsi təqdim edilir.

$$x'=T(x-r) \qquad (3.1.5)$$

burada, $T=\left(\prod_{k=1}^{N-1}T_k^T\right)^T=T_{N-1}\cdot\ldots\cdot T_k\cdot\ldots\cdot T_1\,.$

$$T_k = \left(t_{ij}\right), t_{ij} = \begin{cases} \cos\varphi_k & ,i = j = 1 \text{ or } k \\ \sin\varphi_k & ,i = 1, j = k \\ -\sin\varphi_k & ,i = k, j = 1 \\ 1 & ,1 \neq i = j \neq k \\ 0 & , \text{ otherwise} \end{cases} \tag{3.1.6}$$

Hər bir mənsubluq funksiyası üçün işarələr sahəsinin çevrilməsi (çevrilmə r və fırlanma ϕ) şəkil 3.1.13 göstərilmişdir.



Şəkil 3.1.13 Hər bir mənsubluq funksiyası üçün işarələr sahəsinin çevrilməsi (çevrilmə r və fırlanma ϕ)

Çevrilmə r və fırlanma matrisi T istifadə edərək, biz fırlanan üzvlük funksiyası üçün mənsubiyyət qiymətini hesablaya bilərik:

$$\mu(x) = \mu'(x') = \mu'\left(T(x - r)\right) \tag{3.1.7}$$

$$\mu'(x') = \frac{a}{1 + \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(\frac{1}{b_{1/r,i}} - 1\right) \cdot \left|\frac{x_i'}{c_{1/r,i}}\right|^{d_{1/r,r}}} \tag{3.1.8}$$

burada x' müvafiq olaraq $i < 0$ və ya $x'i \geq 0$ olarsa, hər bir i ölçüsü üçün müvafiq (sol və ya sağ tərəf) parametrlər çoxluğu ($b_{l,i}$, $c_{l,i}$, $d_{l,i}$) və ya ($b_{r,i}$, $c_{r,i}$, $d_{r,i}$) seçilir.

3.2. Qeyri-səlis obyektlərin aqreqasiyası

Qeyri-müəyyən ölçmələr və ya ekspert əsaslı biliklər obyektlər kimi qəbul edilir və qeyri-səlis çoxluqlar vasitəsilə onların modelləşdirilməsi [49, s.647] aparılır. Bununla belə, bir çox praktiki hallarda modelləşdirmə haqqında ətraflı məlumat çox deyil. Belə hallarda $bl/r = 0.5$ və $dl/r = 2$ təyinin uyğun seçim olduğu sübut edilmişdir [13, s.49]. Normallaşdırılmış $(a = 1)$ çoxdəyişənli mənsubiyyət funksiyasının təyini sabit halda, yəni fırlanma bucaqları 0-a bərabər $(\phi k = 0)$ olduğı halda aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\mu(x) = \frac{1}{1 + \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(\frac{x_i - r_i}{c_{1/r,i}}\right)^2} \tag{3.2.1}$$

$$\mu^{\circ}(x^{\circ}) = \frac{1}{1 + \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(\frac{x_i^{\circ}}{c_{1/r,i}}\right)^2} \tag{3.2.2}$$

Ümumi halda, $x_0 = T_{obj}(x - r)$ hər bir obyekt üçün obyektə məxsus koordinat sisteminə fərdi transformasiyadan istifadə etməklə, qeyri-müəyyənlikləri cl/r və fırlanma bucaqları ϕk olan r pozisiyası qeyri-səlis obyekti öz işarələr sahəsində fərdi şəkildə modelləşdirmək üçün sərbəst parametrlər kimi qalır [50, s.8].

Sonuncu, xüsusilə ekspert bildirişlərinin, yəni, işarələr sahəsinin bölgələrinin daha dəqiq modelləşdirilməsi üçün əhəmiyyətli ola bilər. Qeyri-müəyyən ölçmələr və ya məlumatlarla işləyərkən, ölçmə prosesi haqqında əlavə məlumat əldə olunmadığı müddətcə fırlanma bucaqları adətən $\phi k = 0$ olaraq qalacaq.

Ölçmələrin (obyektlərin) qeyri-müəyyənliyi haqqında məlumat çox vaxt ölçmə prosesindən və ya ekspertdən əldə edilə bilər. Hadisənin mücərrəd təsvirini əldə etmək üçü, yəni, elementar ölçülərə və ya obyektlərə əsaslanan işarələr sahəsində sinif, ölçmələrin fərdi qeyri-müəyyənliklərini nəzərə alan aqreqasiya proseduru tələb olunur. Əgər ayrı-ayrı obyektlər 3-cü fəsildə göstərilən kimi modelləşdirilirsə, belə

bir aqreqasiya proseduru çoxdəyişənli parametrik mənsubiyyət funksiyalarının çoxluğunu nəticədə yaranan sinfi təsvir edən bu tipli mənsubiyyət funksiyasına çevirməlidir [111, s.8].

İnformasiyanın sıxılması nəticədə alınan modelin yalnız giriş verilənlər toplusunun təxmini ola biləcəyini bildirir. Digər tərəfdən, parametrik model yaxşı şərh edilə bilər və məlumatların əhəmiyyətli dərəcədə azaldılmasını təmin edə bilər. Bu problemə uyğun spesifik yanaşmaya [27, s.43] əsaslanaraq təqdim edilir, burada yalnız parametrlərin xüsusiyyətinə, sinifinə məxsus qeyri-müəyyənliklər emal oluna bilər. İşarələr sahəsində fərdi fırlanma ilə qeyri-səlis obyektləri toplamaq üçün bu yanaşma daha da genişləndilir [48, s.104].

Dəyişənləri və parametrləri fərqləndirmək üçün obyektə və ya nəticədə sinfə aid olan bütün koordinatlar müvafiq olaraq “obj” və ya “sinif” alt simvolu ilə işarələnir. Əgər parametr və ya koordinat obyekt və ya sinfə xas koordinat sistemində müəyyən edilirsə, o əlavə olaraq “o” və ya “s” üst işarəsi ilə müəyyən edilir.

Addım (1): Obyekt koordinatlarının tənzimlənməsi. r_{sinif} sinfinin reprezentativ dəyəri kütlə mərkəzi kimi şərh edilə bildiyi üçün, obyektlərin ayrı-ayrı kütlə mərkəzləri müvafiq koordinat sistemində onların ölçülərini $c_{obj,l/r,i}$ sərhəd mənsubluğu ilə ölçərək yaxınlaşdırılır ki, bu zaman hər bir (i) ölçü tənzimlənmiş $\tilde{r}^{o}_{obj}$ dəyəri ilə nəticələnir. [47, s.345].

Obyektlərin sərhəd mənsubiyyətləri $b_{obj,l/r,i} = 0{,}5$ olaraq təyin olunduğundan, hər bir obyekt üçün hesablama aşağı salınır.

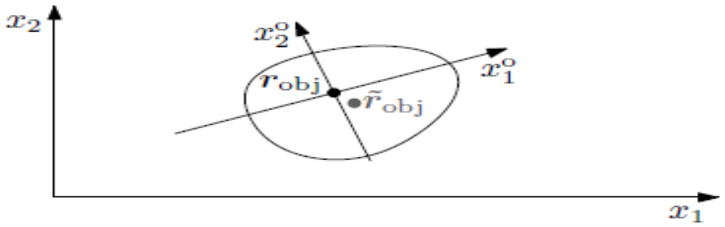
$$\tilde{r}^{o}_{obj} = \begin{pmatrix} \vdots \\ -0.5 \cdot c_{obj,1,i} + 0.5 \cdot c_{obj,r,i} \\ \vdots \end{pmatrix}$$

Daha sonra işarələr sahəsinə çevrilərək $\tilde{r}_{obj}$ dəyərini alırıq:

$$\tilde{r}_{obj} = T^{-1}_{obj}\left(\tilde{r}^{\circ}_{obj}\right) + r_{obj}$$

$$r_{class} = \frac{1}{M}\sum_{k=1}^{M}\tilde{r}_{obj,k}$$

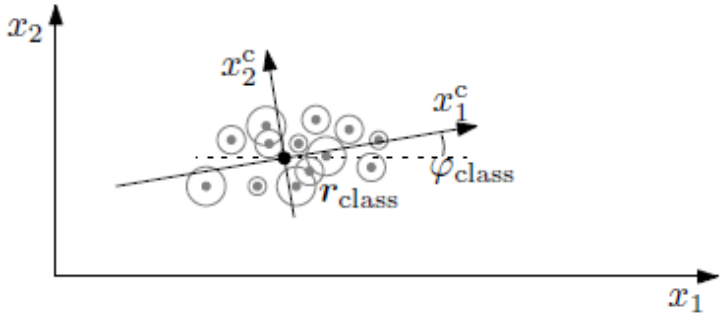
Addım (2): Sinif mərkəzinin hesablanması. Yaranan qeyri-səlis çoxluq sinfinin reprezentativ (modal) dəyəri bütün obyektlərin tənzimlənmiş mövqelərinin orta qiymətinə görə təyin edilir ki, burada M obyektlərin sayıdır, beləliklə, nəticədə yaranan r_{class} bütün qeyri-səlis obyektlərin kütlə mərkəzi kimi şərh edilə bilər. Obyektin r_{obj} mövqeyinin $\tilde{r}_{obj}$ kütlə mərkəzinə uyğunlaşdırılması şəkil 3.2.1-də göstərilmişdir.



Şəkil 3.2.1 Aqreqasiya, addım (1): Hər bir obyektin r_{obj} (qara) mövqeyinin $\tilde{r}_{obj}$ (boz) kütlə mərkəzinə uyğunlaşdırılması

Addım (3): Sinfə xas koordinat sistemi daha sonra öz mərkəzi r sinif ətrafında $N-1$ fırlanma bucağı $\phi_{cl,k}$ ilə fırlanır ki, bu zaman oxlar tənzimlənən mövqelərlə $\tilde{r}^{o}_{obj}$ (əsas komponent təhlili ilə müqayisə oluna bilər) təmsil olunan obyektlər çoxluqları vasitəsilə neytral oxlara çevrilsin.

Ümumi kütlə r class mərkəzi şəkil 3.2.2-də göstərilmişdir.



Şəkil 3.2.2. Bütün obyektlərdən (boz) və fırlanmadan ümumi kütlə r class

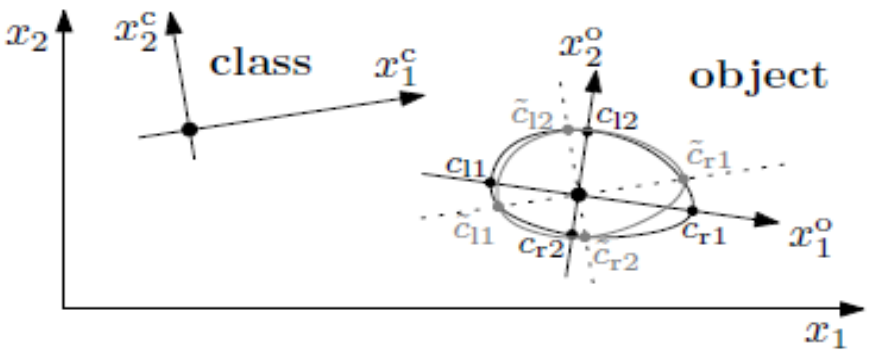
mərkəzi

Addım (4): Obyektlərin sinif məkanına çevrilməsi. Sinfin formasını təyin etməzdən əvvəl bütün obyektlər sinfə xas koordinat sisteminə çevrilməlidir. Əvvəlcə hər $\tilde{r}_{obj}$ obyektinin tənzimlənmiş reprezantativ dəyəri çevrilir:

$$\tilde{r}^{c}_{obj} = T_{class}\left(\tilde{r}_{obj} - r_{class}\right)$$

Bütün obyektləri parametrləri əsasında toplamaq üçün obyektlərin sinfə məxsus koordinat sistemində mənsubiyyət funksiyalarının göstərilməsinə ehtiyac duyulur. Bununla belə, hər bir obyektin koordinat sistemində müəyyən edilmiş parametrik mənsubiyyət funksiyası ilkin analitik formada qalan sinfə məxsus koordinat sisteminə çevrilə bilməz. Buna görə də obyektin alfa kəsikli sinfinə xas olan [29, s.56] vektorlarının $c_{obj,l/r}$ pirsinq (deşilmə) nöqtələri təyin edilməklə transformasiya olunmuş mənsubluq funksiyasının ölçülərini təxmini hesab edirik.

Addım (5): Sinif ölçülərinin hesablanması. Obyektin alfa kəsikli sinif vektorlarının pirsinq nöqtələrini hesablamaqla sinif məkanında obyektin ölçülərinin yaxınlaşması şəkil 3.2.3-də göstərilmişdir.



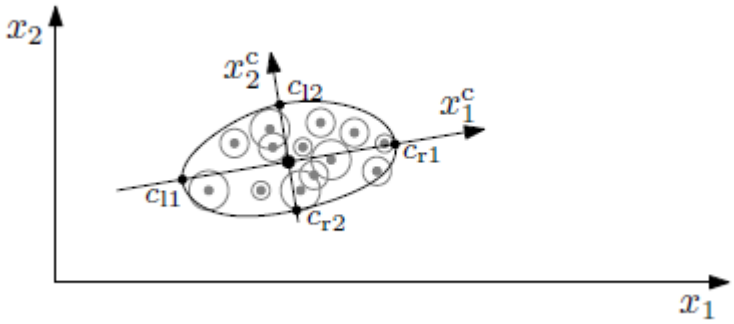
Şəkil 3.2.3. Obyektin alfa kəsikli sinif birlik vektorlarının pirsinq nöqtələrini hesablamaqla sinif məkanında obyektin ölçülərinin yaxınlaşması

Sinfin mərkəzi, onun xüsusi koordinat sistemi və dəyişdirilmiş obyektlər mövcud olduqda, sinif $c_{class,l/r}$ ölçüləri aşağıdakı kimi müəyyən edilə bilər.

$$c_{class,1} = \min_{k\in\{1,\ldots,M\}}\left(\tilde{r}^{c}_{obj,k} - \tilde{c}^{c}_{obj,k,1}\right)$$

$$c_{class,r} = \max_{k\in\{1,\ldots,M\}}\left(\tilde{r}^{c}_{obj,k} + \tilde{c}^{c}_{obj,k,r}\right)$$

Addım (6): Sərhədlərin təyin edilməsi. Hər bir i ölçüsündə r_{class} obyektlər çoxluğu i sinfinin reprezentativ dəyərinin solunda və sağında alt çoxluqlara bölünür. Hər bir alt çoxluğun paylanması həndəsi sıra ilə müqayisə edilir. Bu halda, sinfin $d_{l/r,i}$ parametri $d_{l/r,i_2}$-yə yaxın qiymət təyin edilir. Digər tərəfdən, obyektlərin paylanması daha çox vahid paylanmaya bənzəyirsə və ya sinif sərhədlərində toplanırsa, qeyri-səlis çoxluq $d_{lr,icf}$ üçün daha yüksək dəyərləri seçməklə daha dəqiq olacaq [26, s.164]. Ən kənar obyektlər və onların əhatə dairəsi şəkil 3.2.4-də göstərilmişdir.

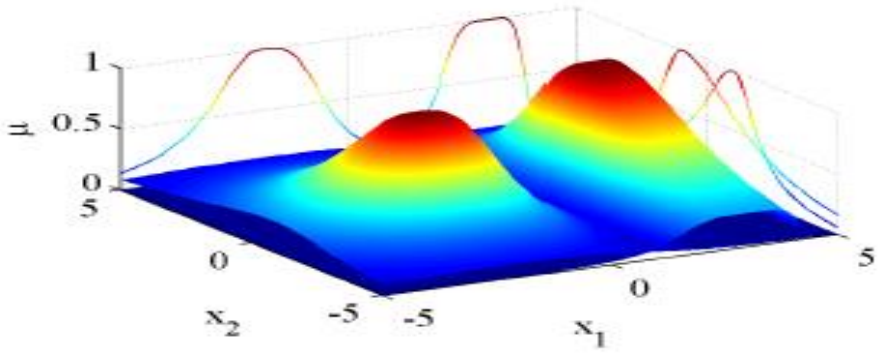


Şəkil 3.2.4. Sinifin $c_{class/r}$ ölçüləri, ən kənar obyektlər və onların əhatə dairəsi

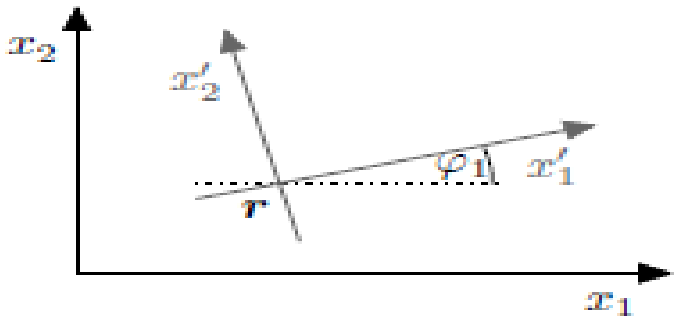
Addım (7): Sərhəd mənsubiyyətinin müəyyənləşdirilməsi. Son parametr kimi sərhəd mənsubiyyətləri hər i ölçüsündə aşağıdakı kimi müəyyən edilməlidir.

$$\int \mu_{class}(x_i)dx_i \overset{1}{=} \int \max_{k\in\{1,\ldots,M\}x'=T(x-r)} \mu_{obj,k}(x_i)dx_i$$

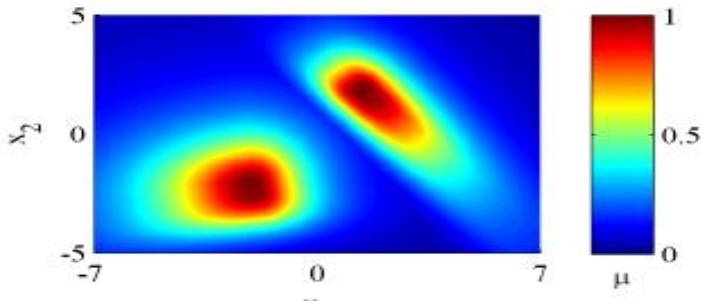
İkiölçülü işarələr sahəsində asimmetrik qeyri-səlis çoxluqların iki nümunəsi və onların hər bir ölçü üçün birdəyişənli əsas funksiyaları şəkil 3.2.5**,** şəkil 3.2.6, şəkil 3.2.7-də təsvir edilmişdir.



Şəkil 3.2.5 İki ölçülü çoxluqların iki nümunəsi



Şəkil 3.2.6. Hər bir mənsubluq funksiyası üçün işarələr sahəsinin çevrilməsi və fırlanması



Şəkil 3.2.7 Fərdi fırlanan çoxluqların iki nümunəsi

FƏSİL 4. SENSOR ŞƏBƏKƏLƏRİ ÜÇÜN QEYRİ-SƏLİS MƏNTİQ ƏSASINDA MƏLUMATLARIN AQREQASİYASI

4.1. Sensor şəbəkələrində məlumatların aqreqasiyası

Mənbə məhdudiyyəti olan informasiya ölçmə texnikası sistemləri üçün, məlumatların toplanması sensor qovşaqlarının enerji itkisini azaltmaq və şəbəkənin fəaliyyətini yaxşılaşdırmaq üçün əsas əməliyyatlardan biridir. Bununla birlikdə, bir anomaliya və ya yayınma, məlumat toplama sxemi üçün yığılan informasiyanın keyfiyyətinə böyük təsir göstərəcəkdir. Məlumatlı qruplaşma və anomal hadisələrin aşkarlanması nəzərə alınmaqla, simsiz sensor şəbəkələri üçün qeyri-səlis c-yanaşmasından istifadə edərək oxşarlığı olan məlumatların toplanması mümkündür [109, s.56]. Əvvəlcə, qeyri-səlis yanaşmadan istifadə edərək, məlumatların oxşarlığına əsaslanaraq sensorları qruplara bölmək üçün klasterləşmə prosesi həyata keçirilə bilər. Daha sonra, daha çox kənar diaqnoz üçün təsirli bir dəstək funksiyası təyin edilir və müəyyən bir müddət ərzində normal nümunələrin ehtimal paylanma xüsusiyyətlərindən istifadə edərək etibarlı məlumatların müvafiq çəkisi əldə edilir. Nəhayət, çoxluqdakı məcmu nəticəni təxmin etmək olar. Verilənlər bazasına əsaslanan simulyasiyalar, təklif olunan məlumat toplama metodunun, məlumatların kənarda aşkarlanması dəqiqliyi və nisbi bərpa xətası baxımından ənənəvi metodlardan daha yaxşı performans əldə edə biləcəyini təsdiqlədi. Məsafə sensor şəbəkələri adətən aşağı yaddaş tutumu, daha az hesablama mürəkkəbliyi, aşağı kommunikasiya diapazonu və məhdud güc kimi resurs məhdudiyyətləri olan bir çox kiçik və ucuz sensor qovşaqlarından ibarətdir. Bu şəbəkə növü ucuz, geniş paylanma, kiçik həcm və çevik özünü təşkiletmə xüsusiyyətlərini nümayiş etdirir [110 , s.78]. Bu tip sensorlar sürətli inkişafla, istehlakçı elektronika bazarında uğurla tətbiq olundu

və hədəf izləmə, ağıllı nəqliyyat, sağlamlıq proqnozu, sənaye avtomatlaşdırılması və s. sahələrdə getdikcə daha çox istifadə edildi. Bununla belə, məsafə sensor şəbəkələrinin nöqsanlı xüsusiyyəti odur ki, toplanmış verilənlərin keyfiyyətini kompensasiya etmək üçün sensor qovşaqları sıx şəkildə yerləşdirilməlidir. Buna baxmayaraq, prosesin monitorinqi proqramları üçün yüksək tezlikli aşkarlama və oxunuşların ötürülməsi çoxlu sayda lazımsız modelin yaranmasına səbəb olur ki, bu da qovşağın enerji resursunun israfına, həmçinin şəbəkənin istifadə müddətinin azalmasına səbəb ola bilər. Buna görə də, sensor qovşaqları arasında oxunuşların məkan-zaman korrelyasiyasından necə istifadə etmək və sensorların enerjisinə qənaət etmək üçün verilənlər çoxluğunun səmərəli şəkildə azaldılmasına nail olmaq aktual problemlərdir. Verilənlərin aqreqasiyası yuxarıda göstərilən problemlərin həlli üçün effektiv üsuldur. Əsas ideya, xam məlumatları ötürməkdənsə, çoxlu sensorların nümunələrini müəyyən dərəcədə ehtiyatla toplamaqdır. Bu o deməkdir ki, bəzi qovşaqlar digər sensor qovşaqlarından alınan lazımsız məlumatları aradan qaldırmaq və məlumatların dəqiqliyi üçün arzu olunan nəticələrə nail olmaq üçün toplayıcı rolunu oynayacaq.

Praktik tətbiqdə temperatur, rütubət, axın sürəti və ya təzyiq kimi monitorinq göstəriciləri əksər hallarda səlis və sabit dəyişiklik nümayiş etdirir. Qəfil hadisə baş verdikdə, ətrafdakı sensor qovşaqları ümumiyyətlə vəziyyəti aşkar edə və oxunuşları sinxron şəkildə əldə edə bilir. Buna görə də, ayrı-ayrı qovşaqlardan böyük yerdəyişmələrə malik nümunələr ümumi birləşmə nəticələrinə daha çox təsir göstərə və toplanmış məlumatların keyfiyyətinə təsir göstərə bilər.

$$K = \left[\frac{\ln(1-\delta)}{\ln\left(1 - 3\sqrt{3R^2 / 2S^2}\right)} \right] \qquad (4.1.1)$$

Dövri məlumat toplama modelində, məlumatların çoxalmasını minimuma endirmək və hələ də qarışıq nəticələrin dəqiqliyinə zəmanət vermək üçün, ölçmələr arasındakı fərqi öyrənmək, qruplar yaratmaq üçün uyğun qovşaqların seçilməsinin

analitik yoludur. Məlumat entropiya nəzəriyyəsinə görə, j nümunəsindəki bütün nümunələrin entropiya dəyəri ilə əldə edilə bilər.

$$e_j = -\frac{1}{\ln m}\sum_{i=1}^{m} x_{ij}\ln x_{ij} \qquad (4.1.2)$$

İndeksin faydalı dəyəri onun birləşmə nəticələrinə təsiri ilə mütənasib olduğundan j dəyişəninin çəki dəyəri kimi təyin edilə bilər. Daha sonra, Ck klasterinin s_i qovşağının oxunması ilə mərkəzi nöqtəsi vk arasındakı Evklid ölçü məsafəsi aşağıdakı kimi ifadə edilə bilər.

$$\omega_j = \frac{1-e_j}{\sum_{j-1}^{m}\left(1-e_j\right)} \qquad (4.1.3)$$

Bundan sonra, qrupların keyfiyyətini artırmaq və sensor qovşaqlarını ən uyğun olanlara ayırmaq üçün məqsəd funksiyası təklif edilməlidir [115, s.206]. Qeyri-səlis c-vasitəsindən istifadə edərək, təkrarlanan prosedurlarla işləyəcək məqsəd funksiyası aşağıdakı kimi tərtib edilə bilər:

$$\min J\left(X, U, C_1, C_2, \cdots, C_K\right) = \sum_{k-1}^{K}\sum_{i=1}^{N} u_{ki}^{t_k}\left[\mathrm{Dis}\left(s_i, v_k\right)\right]^2 \qquad (4.1.4)$$

$$\sum_{k=1}^{K} u_{ki} = 1, 1 \le i \le N; u_k \in [0,1], 1 \le k \le K, 1 \le i \le N;$$

$$\sum_{i=1}^{N} u_{ki} \in [0, N], 1 \le k \le K. \qquad (4.1.5)$$

burada u_{ki} - C_K klasterinə qoşulmaq üçün s_i qovşağına təyin olunan mənsubiyyət dərəcəsini göstərir. *U* - u_{ki} -nin mənsubiyyət matrisini bildirir. v_k - nəticədə təsnifatın qeyri-səlisliyinin miqdarını təyin edən hər bir qeyri-səlis mənsubiyyət dərəcəsi üzrə ölçü göstəricisidir. Sensor qovşaqları arasında qarşılıqlı dəstək əlaqəsini xarakterizə etmək üçün mənsubluq dərəcəsi aşağıdakı kimi müəyyən edilə bilər:

$$p_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^{m}\left(y_{ik} - \bar{y}_k\right)\left(y_{jk} - \bar{y}_k\right)}{\sqrt{\sum_{k=1}^{m}\left(y_{ik} - \bar{y}_k\right)^2 \sum_{k=1}^{m}\left(y_{jk} - \bar{y}_k\right)^2}} \qquad (4.1.13)$$

burada, $\bar{y}_k$ orta qiyməti təmsil edir.

Yuxarıdakı funksiyaya görə, klasterdəki bütün qovşaqlardan ölçülərin dəstək dərəcəsi matrisi P əldə edilə bilər.

$$P = \begin{bmatrix} 1 & p_{12} & \cdots & p_{2n} \\ p_{21} & 1 & \cdots & p_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{n1} & p_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \qquad (4.1.14)$$

burada, p_{i1}, p_{i2}, $\cdots$, p_{in} eyni klasterdəki qovşaqlardan toplanan nümunələrin mənsubiyyət dərəcəsidir və n- klasterdəki qovşaqların sayını göstərir.

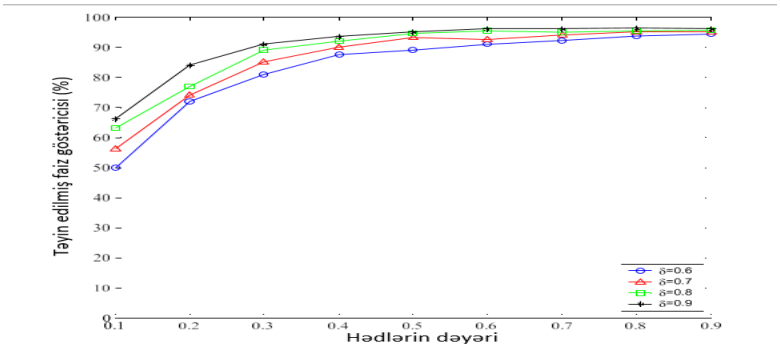
Bütün qonşu qovşaqların qiymətləndirilməsini birləşdirərək, X_i-nin mənsubiyyət dərəcəsini aşağıdakı kimi göstərə bilərik [69, s.4]:

$$T_i = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} p_{ij} \qquad (4.1.15)$$

T_i digər üzv qovşaqlardan və ya ən yaxın qovşaqlardan gələn dəstək dərəcəsinin miqdarına nisbətdə olduğundan, sensor oxunuşlarının əksəriyyəti müqayisədə normal səviyyəni göstərir. δ və ζ parametrləri dəyişərkən aşkarlama dəqiqlik dərəcəsi də dəyişir. Dəqiqlik dərəcəsi normal məlumatları və fərqləri göstərə bildiyindən, toplama əməliyyatını idarə edərkən məlumatların dəqiqliyinə zəmanət verə bilir.

Sensor düyünün birləşmə mərhələsini tətbiq edərkən δ və ζ parametrlərinin artması şəkil 4.1.1-də aydın şəkildə göstərilmişdir. Əlavə olaraq, dəqiqlik artdıqca aşkarlama dəqiqliyi dərəcəsinin əhəmiyyətli dərəcədə artırıla biləcəyini də qeyd etmək olar. Buna səbəb, şəbəkə qovşaqları arasındakı düyünün dəstək dərəcəsi təmin

edilə bilmədikdə, sensor oxunuşları saxlanılmayacaq və məlumat ötürülməsi üçün sistemə təqdim edilməyəcəkdir. Son birləşmə alınan nəticələrin dəqiqliyi üçün faydalıdır. Alğılama dəqiqliyi dərəcəsi aşağıdakı şəkildə göstərilə bilər.



Şəkil 4.1.1. Alğılama dəqiqliyi dərəcəsi

Sensor şəbəkə qovşaqlarının simulyasiya parametrləri cədvəl 4.1.1-də əks olunmuşdur.

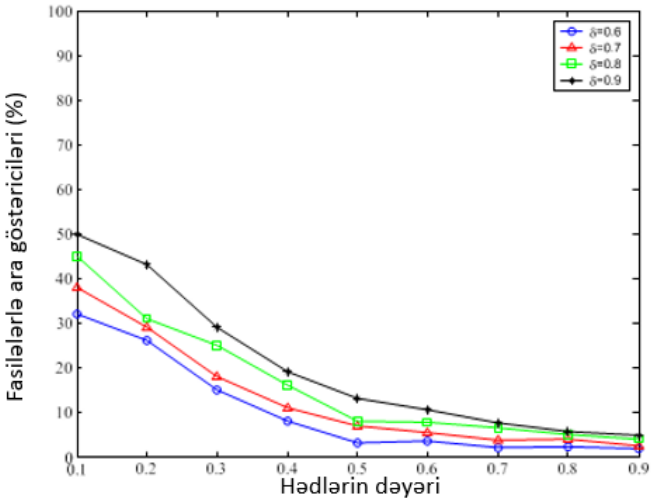
Cədvəl 4.1.1

Simulyasiya parametrləri

Parametrlər	Dəyərlər
Sensor qovşaqlarının sayı	500×500 m
Qovşaqların kommunikasiya diapazonu	81
Ötürmə kanalı	40 m
Yayılma modeli	Simsiz kanal
Verilənlərin paket ölçüsü	Normal siqnal düşküsü modeli
Zolaq aralığı	32 bayt
Radiosiqnalların səviyyəsi	200 kbayt/san
Çıxış mümkünlüyü	CC 2420
Növbə ölçüsü	50
δ	0.6-0.9
ζ	0.1-0.9
Yüksək ehtimal	5%, 10%, 15%

v_0	2
m	50

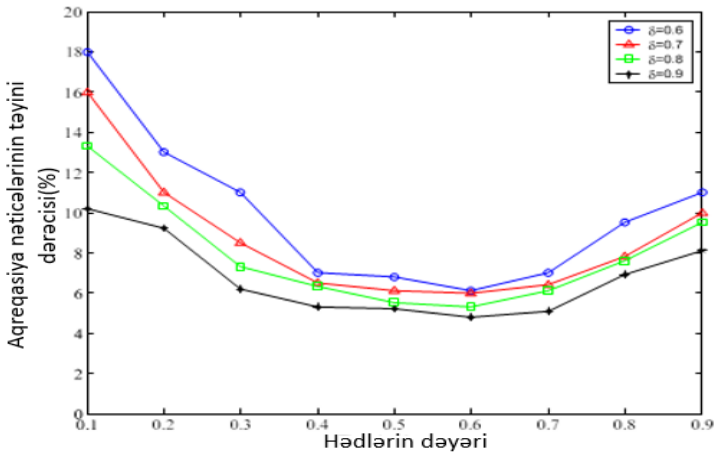
Şəkil 4.1.2-də δ və ζ parametrləri dəyişən zaman yanlış həyəcan dərəcəsini göstərir. Həqiqətən də, yalan siqnalizasiya sürətinin ümumi meylinin aşkarlama dərəcəsi ilə əksinə olduğunu görə bilərik, xüsusən də δ daha böyük olduqda, dalğalanma daha aydın olur. δ -nın daha yüksək dəyəri, monitorinq bölgəsində daha çox qrupun paylanacağı deməkdir. Sabit sayı olan ümumi sensor qovşaqları, tək bir qrupdakı üzv sayının azalmasına səbəb olacaq və kənarların təyin edilməsini daha sərtləşdirəcəkdir. Bundan əlavə, ζ həddinin artması dəstək dərəcəsi üçün daha yüksək səviyyəyə gətirib çıxarır və böyük yayınması olan nümunələr asanlıqla etibarsız hesab edilə bilir. Birdən-birə kəskin şəkildə dəyişən və yalnız bir neçə qovşaq tərəfindən qəbul edilən bir monitorinq göstəricisində sensor oxunuşları aşağı dəstək dərəcəsi səbəbiylə anormal məlumatlar olaraq qəbul ediləcək. Beləliklə, aşkarlama dəqiqliyi dərəcəsi artırılacaq. Yanlış həyəcan dərəcəsi, yanlış həyəcan siqnalı olaraq kənarda aşkarlanma şəkil 4.1.2-də göstərilmişdir.



Şəkil 4.1.2. Yanlış həyəcan dərəcəsi

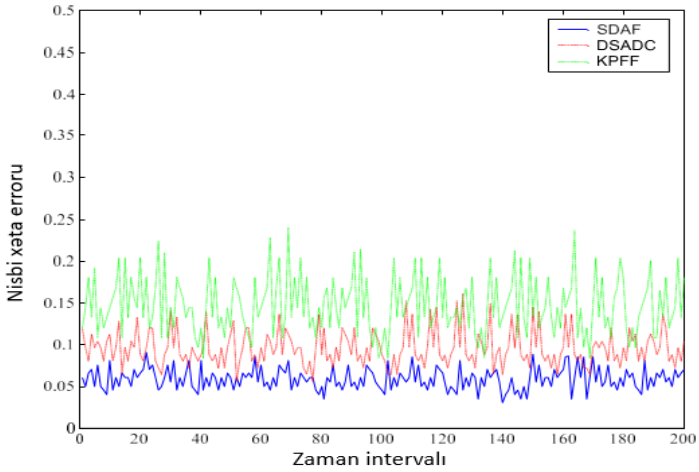
Əldə edilən nəticələrə əsasən, ζ-nin 0.1 və 0.9 ekstremal qiymətlərindən optimal qiymət 0.6 olduğunu görə bilərik. Hədd çox aşağı və ya çox yüksək

olduqda, son birləşmə nəticəsi ideal olmur. Bu, normal məlumatların və kənar göstəricilərin müvafiq əlçatanlıq həddi baxımından fərqləndirilməsinin yüksək dəqiqliyi və aşağı yanlış siqnal dərəcəsi ilə bağlıdır. Aşağı hədd qəbulu aşağı aşkarlama sürəti ilə nəticələnə bilər və son birləşmə nəticəsinin düzgünlüyünə təsir edə bilər. Əksinə müəyyən edilmiş həddən artıq dəyər kriteriyaları daha ciddi edir və normal ölçü normadan kənara çıxir. Bundan başqa belə bir vəziyyət davamlı olaraq baş verərsə, bu istər-istəməz məlumatların birləşməsinin emalında bu etibarlı məlumatların ölçüsünün kəskin azalmasına səbəb olur və bununla da məlumatların dəqiqliyinə təsir edir. Şəkil 4.1.3-də ζ həddi ilə birləşmənin nəticəsinin yerdəyişmə dərəcəsi göstərilir.



Şəkil 4.1.3. Yanlış həyəcan dərəcəsi

Bərpa dəqiqliyi orijinal və bərpa edilmiş məlumat matrisləri arasındakı nisbi fərq olan nisbi bərpa xətası ilə riyazi olaraq təyin olunur. Əldə edilən nəticələr aydın şəkildə göstərir ki, bu cür tətbiq olunan dəstək dərəcəsi çox effektivdir. O, həmçinin fərqli ehtimallarla uyğunlaşma qabiliyyətini qoruyur. Şəkil 4.1.4-də nisbi bərpa xətası zaman xətti boyunca göstərilr.



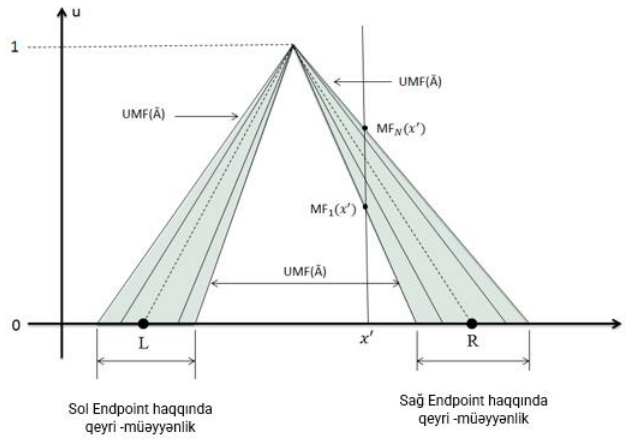
Şəkil 4.1.4. Nisbi bərpa xətasının riyazi olaraq təyini

Nisbi bərpa xətasının müəyyənləşdirilməsi məlumat toplama alqoritmlərinin keyfiyyətini qiymətləndirmək üçün istifadə olunan bir metoddur. Müşahidələr göstərir ki, qeyri-səlis c-vasitə yanaşmasından istifadə edərkən oxşar əsaslı məlumatların toplanmasının təxminən 90% ehtimalla həyata keçirilir. Sensor verilənlərinin analitik diaqnostikası metodu tərəfindən əldə edilən birləşmə nəticələrinin xətası digər üsullardan daha kiçikdir, xüsusən də, bu özünü kənar ehtimal artdıqca daha qabarıq göstərir. Məlumatların toplanması prosesində kənar nümunələr sensor verilənlərin analitik diaqnostikası mexanizmi ilə effektiv şəkildə müəyyən edilə bilər və bu zaman kənar göstəricilər daha dəqiq birləşdirilir. Buna görə də, o, məlumatların kənar göstəriciləri ilə ümumi nəticənin effektivliyini azalda bilər və sistemləri təhlükəli şərtlərə çatdırmaq ehtimalının qarşısını ala bilər. Lazımsız məlumatlar hesabına enerji istehlakını minimuma endirmək və verilənlərin ötürülmə xərclərini azaltmaq üçün məlumatların toplanması texnologiyası sensor şəbəkələri üçün çox vacibdir. Məlumat anomaliyaları və ya yerdəyişmələri ümumiləşdirilmiş nəticələrin keyfiyyətinə böyük təsir göstərir. Sensor məlumatlarının məkan-zaman korrelyasiyasını və anomal hadisələrin lokal aşkarlanmasını tədqiq etməklə qeyri-səlis c-vasitə yanaşmasına əsaslanan klaster formalaşması alqoritmini qurmaq mümkündür. Daha sonra, növbəti kənar diaqnoz üçün effektiv dəstək dərəcəsi funksiyası müəyyən edilir. Sonda həddindən artıq və ya həddindən artıq olmayan sensor məlumatlarının statistik təhlili əsasında oxunuşların birləşdirilməsi aparılır. Ümumilikdə, simulyasiya nəticələri göstərir ki, bu metod

verilənlərin kənar göstəricilərin aşkarlanması dəqiqliyi və nisbi bərpa xətası baxımından ənənəvi metodlardan daha yaxşı performansa nail ola bilər.

4.2. 2-ci tip qeyri-səlis məntiq əsasında məlumatların aqreqasiyası

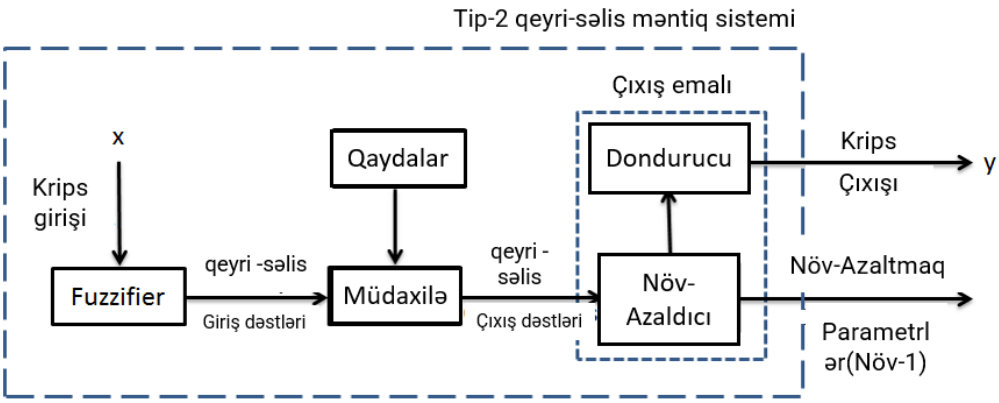
Tamamilə 1-ci tip qeyri-səlis çoxluqlar baxımından təsvir olunan qeyri-səlis məntiq sistemi 1-ci tip qeyri-səlis məntiq sistemi adlanır, lakin, ən azı bir 2-ci tip qeyri-səlis çoxluqdan istifadə edərək ifadə olunan qeyri-səlis məntiq sistemi 2-ci tip qeyri-səlis məntiq sistemi adlanır. 1-ci tip qeyri-səlis məntiq sistemləri istifadə etdikləri 1-ci tip qeyri-səlis çoxluqlar müəyyən olduğu üçün çox mürəkkəb qeyri-müəyyənlikləri birbaşa idarə edə bilmirlər. 1-ci tip qeyri-səlis çoxluq üçün mənsubiyyət funksiyası sabit olur. Digər tərəfdən, 2-ci tip qeyri-səlis məntiq sistemləri qeyri-səlis çoxluqlar üçün dəqiq mənsubiyyət funksiyasını təyin etmək çətin olduğu hallarda çox faydalı olur. Beləliklə, onlar daha mürəkkəb qeyri-müəyyənliklərin öhdəsindən gəlmək üçün istifadə edilə bilər [31, s.79]. 2-ci tip qeyri-səlis çoxluqlar ilk dəfə Lütfi Zadə tərəfindən [43, s.45] daha mürəkkəb qeyri-səlis çoxluqlar irəli sürüldüyü zaman təqdim edilmişdir. 2-ci tip qeyri-səlis çoxluqlar mənsubiyyət funksiyası ilə bağlı qeyri-müəyyənliyi qeyri-səlis çoxluq nəzəriyyəsinə daxil etmək imkanı verir. 1-ci tip qeyri-səlis çoxluq dəqiq mənsubiyyət dərəcəsinə malikdir, 2-ci tip qeyri-səlis çoxluğun qeyri-səlis mənsubiyyət dərəcələri qeyri-səlis olur. Bu cür çoxluq qeyri-səlis çoxluq üçün dəqiq mənsubiyyət funksiyasını təyin etmək çətin olduğu hallarda faydalı olur. Mənsubiyyət dərəcələrinin qeyri-müəyyənlikləri aradan qalxarsa, 2-ci tip qeyri-səlis çoxluq 1-ci tip qeyri-səlis çoxluğa qədər azalır [119, s.316].



Şəkil 4.2.1. 2-ci tip qeyri-səlis çoxluq üçün üzvlük funksiyası

Şəkil 4.2.1-də göründüyü kimi, sol və sağ tərəf nöqtələrindəki qeyri-müəyyənliklər yox olarsa, o halda yalnız kəsikli üçbucaq mövcud olur. Bu, nizamsızlığın (təsadüfilik) determinizmə degenerasiya olduğu halda ehtimalın baş verməsinə bənzəyir. Qısaca desək, 1-ci tip qeyri-səlis çoxluq, 2-ci tip qeyri-səlis çoxluğa daxil edilir. Qayda əsaslı 2-ci tip qeyri-səlis məntiq sistemi dörd komponentdən ibarətdir. Bunlar qaydalar, fazzifer (qeyri-səlis məntiq metodlarının tətbiqi üçün giriş parametrlərinin ilkin işlənməsinin elementi), nəticə mühərriki və çıxış prosessorudur. Şəkil 4.2.2-də göstərildiyi kimi, qaydalar qurulduqdan sonra 2-ci tip qeyri-səlis məntiq sistemi girişlərdən çıxışa qədər izləmə kimi nəzərdən keçirilə bilər və bu izləmə kəmiyyət olaraq $y = f(x)$ şəklində ifadə edilə bilər.

Şəkil 4.2.2-də göstərildiyi kimi, 2-ci tip qeyri-səlis məntiq sistemi üçün çıxış emalı iki hissədən ibarətdir.



Şəkil 4.2.2. 2-ci tip qeyri-səlis məntiqi emal

Biri tip azaltma, digəri isə defazzifikasiya. Defazzifikasiya mərhələsi 1-ci tip qeyri-səlis məntiq sistemi ilə eynidir. Digər tərəfdən, tip azaltma metodları hər biri tip sentroid hesablamasına əsaslanan 1-ci tip defazzifikasiya metodlarının 2-ci tip əlavələri kimi qəbul edilir. Tip azaltma növündən asılı olmayaraq, hamısı 2-ci tip qeyri-səlis çoxluğun interval sentroidinin hesablanmasını tələb edir. Sentroidi hesablamaq üçün bu iki təkrarlanan alqoritm Karnik-Mendel alqoritmləri kimi tanınır [113, s.50]. Karnik-Mendel alqoritmləri 2-ci tip qeyri-səlis çoxluğun interval mərkəzini hesablamaq üçün iki təkrarlanan alqoritmdir. Karnik-Mendel alqoritmi iki hissədən ibarətdir, biri y_l və digəri y_r hesablamaq üçün istifadə olunur.

$$t_l(k) = \frac{\sum_{n=1}^{k} \underline{x}_n \overline{w}_n + \sum_{n=k+1}^{N} \underline{x}_n \underline{w}_n}{\sum_{n=1}^{k} \overline{w}_n + \sum_{n=k+1}^{N} \underline{w}_n} \tag{4.2.1}$$

$$t_r(k) = \frac{\sum_{n=1}^{k} \overline{x}_n \underline{w}_n + \sum_{n=k+1}^{N} \overline{x}_n \overline{w}_n}{\sum_{n=1}^{k} \underline{w}_n + \sum_{n=k+1}^{N} \overline{w}_n} \tag{4.2.2}$$

y_l və y_r aşağıdakı kimi hesablana bilər:

$$y_l = \min_{k=1,\ldots,N-1} f_l(k) = f_l(l) \tag{4.2.3}$$

$$y = \frac{\sum_{n=1}^{l} \underline{x}_n \overline{w}_n + \sum_{n=l+1}^{N} \underline{x}_n \underline{w}_n}{\sum_{n=1}^{l} \overline{w}_n + \sum_{n=l+1}^{N} \underline{w}_n} \tag{4.2.4}$$

$$y_r = \min_{k=1,\ldots,N-1} f_r(k) = f_r(lr)$$

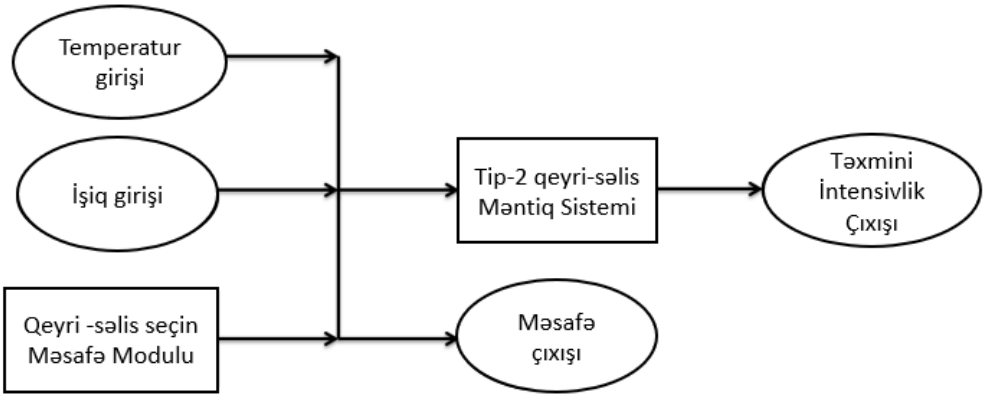
(4.2.3)

$$y = \frac{\sum_{n=1}^{r} \overline{x}_n \underline{w}_n + \sum_{n=r+1}^{N} \overline{x}_n \overline{w}_n}{\sum_{n=1}^{r} \underline{w}_n + \sum_{n=r+1}^{N} \overline{w}_n} \tag{4.2.4}$$

2-ci tip qeyri-səlis məntiq sisteminin tətbiqi praktik təcrübədə mövcud olan subyektiv xarakterli girişləri tələb edir: mənsubiyyət funksiyasının forması, mənsubiyyət funksiyalarının sayı, çəki faktorları və s.

Ekspertlər bu girişləri praktiki təcrübə mövcud olduqda təmin edə bilər. Yeni qurğular üçün bu, təcrübə çatışmazlığı üzündən çətin bir problemə çevrilir. Sensor birləşmə yanaşmasının əsas funksiyası böyük, orta və kiçik yanğın kimi müxtəlif məsafələrdə yanğının müxtəlif intensivliklərini tapmaq və qiymətləndirməkdir. Şəkil 4.2.3-də göstərildiyi kimi, proses ölçülmüş temperatur dəyərini və işıq dəyərini giriş dəyişənləri kimi qəbul edir və təxmin edilən yanğın intensivliyini və yanğınla robot arasındakı məsafəni nəticə olaraq hasil edir. Məsələn, tətbiq zamanı nəticələr yaxın məsafədə böyük yanğın və ya uzaq məsafədə orta yanğın kimi göstərilə bilər.

Qeyri-səlis məntiq sistemini birbaşa ekspertlərin təcrübəsi əsasında yaratmaqdansa, qeyri-səlis məntiq sistemini yalnız verilənlər əsasında yaratmaq da mümkündür. Bu metod birbaşa və ya tərsinə problem konsepsiyasına əsaslanır [112, s.15]. Tətbiq üçün tərsinə problem, temperatur dəyəri və işıq dəyərindən istifadə edərək təxmin edilən yanğın intensivliyini əldə etməkdir. Bu problemi həll etmək üçün birbaşa problem üçün MATLAB simulyasiyasında böyük, orta və kiçik yanğın üçün dəyərlər verilir. Fərqli yanğınlar ölçü nöqtəsi ilə yanğın mərkəzi arasında fərqli məsafələrdə müvafiq temperatur dəyəri və işıq dəyərini meydana gətirdi. Bu məlumatlar qeydə alınır, toplanır, analiz edilir və 2-ci tip qeyri-səlis məntiq sistemini qurmaq üçün istifadə olunur. Daha sonra sensor birləşmə sistemi, tədqiqatda real vaxtda temperatur və işıq ölçmələrini aparan və yanğın intensivliyini qiymətləndirən problemi həll etmək üçün istifadə olunur. 2-ci tip qeyri-səlis məntiq yanaşma prosesi şəkil 4.2.3-də göstərilmişdir.



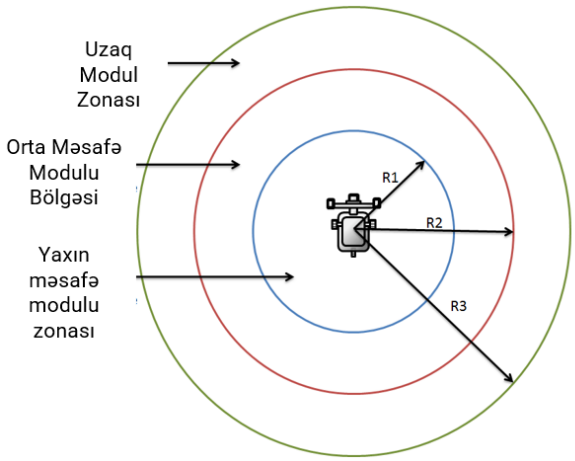
Şəkil 4.2.3. 2-ci tip qeyri-səlis məntiq yanaşma prosesi

1-ci tip qeyri-səlis məntiqdən istifadə etmək əvəzinə, tətbiq üçün 2-ci tip qeyri-səlis məntiq sistemindən istifadə olunur, çünki 1-ci tip qeyri-səlis məntiq aşağıda göstərilən vəziyyətlərdə məhdud fəaliyyət göstərir:

- qaydaların nəticələrdə istifadə etdiyi sözlər fərqli insanlar üçün fərqli mənalar ifadə edə bilər;

-bir qrup ekspertin sorğusu ilə əldə edilən nəticələr eyni qayda üçün çox vaxt fərqli olur, çünki eskpertlər mütləq eyni fikirdə olmurlar [136, s.345].

2-ci tip qeyri-səlis məntiq sisteminin interval parametrlərini tənzimləmək üçün yalnız küyə malik təlim verilənləri mövcuddu. Küylü ölçmələr qeyri-səlis məntiq sistemini aktivləşdirir. Daha dəqiq nəticə əldə etmək üçün üç fərqli alt modul hazırlanır və təklif olunan 2-ci tip qeyri-səlis məntiq sisteminə daxil edilir [57, s.162]. Şəkil 4.2.4-də göstərildiyi kimi, yanğın və robot arasındakı fərqli məsafəyə əsasən fərqli modullar aktivləşdirilir. Məsafə məlumatları bir sıra xarici sensoru və ya lokalizasiya sistemindən əldə edilə bilər. İlk olaraq uzaq məsafəli modul robotla yanğın arasındakı məsafə nisbətən uzaq olduqda aktivləşdiriləcəkdir. Qeyri-səlis moduldan alınan nəticə baş verən yanğın intensivliyi üçün təxmini qiymət verir. Orta məsafəli modul daha sonra yanğın və robot arasındakı məsafə yaxınlaşdıqda aktivləşdiriləcəkdir. Yaxın məsafədəki modul son mərhələdə aktivləşdiriləcək və aşkar edilmiş yanğın intensivliyi barədə dəqiq qiymətləndirmə verəcəkdir. Üç fərqli məsafə zonası şəkil 4.2.4-də göstərilmişdir.



Şəkil 4.2.4. Üç fərqli məsafə zonası

Yanğının aşkarlanması və qiymətləndirilməsi üçün etibarlı 2-ci tip qeyri-səlis məntiq sistemini hazırlanmasında daha sonra qeyri-səlis məntiq sistemini qurmaq üçün ekspertlərin təcrübələrin öyrədilməsində yüksək miqdarda temperatur məlumatları və işıq məlumatları lazım olur. Etibarlı məlumatlar ya simulyasiya yolu ilə yaradıla bilər, ya da faktiki təcrübələrdən əldə edilə bilər. Təhlükəsizlik amilini nəzərə alaraq təklif olunan yanğın intensivliyini qiymətləndirmə sistemində, temperatur ölçmə məlumatları və işıq ölçmə məlumatları həm MATLAB, həmdə PyroSim simulyasiya vasitəsilə yaradılır. Bu məlumatlar müxtəlif məsafələrdə baş verən müxtəlif intensivlikli yanğınla əlaqədardır və ekspertlərin təcrübələrini öyrətmələrinə kömək etmək üçün istifadə olunur. 2-ci tip qeyri-səlis məntiq sisteminin hazırlanması üçün istifadə olunan təcrübə ekspert təcrübəsinə və ya məlumatlarına əsaslanaraq toplanmalıdır. Ekspert toplanmış təcrübə və ya xüsusi problem üçün əlavə yeni məlumatlarla müəyyən sahə üzrə təcrübəsini toplaya bilər. Tədqiqatda, ölçmə məlumatları və təlim təcrübəsi ilə bağlı problemə diqqət yetiriləcək. Bu yanaşmada ekspertin işi həm temperatur dəyərini, həm də işıq dəyərini analiz edərək yanğının intensivliyini qiymətləndirməkdir. Yanğının qiymətləndirilməsi məqsədi ilə 2-ci tip qeyri-səlis məntiq sistemini qurmaq üçün ekspertlərin, böyük, orta və kiçik yanğın kimi dil dəyişənlərindən istifadə edərək müxtəlif yanğın intensivliklərini təsvir etmələri lazımdır. Nəticə etibarilə, bu dil dəyişənləri tətbiqdə qeyri-səlis çoxluqları təsvir etmək üçün seçilir. Cədvəl 4.2.1 və

cədvəl 4.2.2-də MATLAB simulyasiyası vasitəsilə yaradılan təklif olunan yanğını aşkarlama sistemi üçün məlumat nümunəsini göstərir.

Cədvəl 4.2.1.

Temperatur-məsafə əlaqəsinin məlumatları (verilənləri)

Məsafə(m)	Məsafə(m)\temperatur	Böyük Yanğın °C	Orta Yanğın°C	Kiçik Yanğın °C	Yanğın yoxdur°C
Mərkəz	0	1000	600	200	20
	3	131.11	86.67	42.22	20
Yaxın	4	82.5	57.5	32.5	20
	5	60	44	28	20
	6	47.78	36.67	25.56	20
Orta	7	40.41	32.24	24.08	20
	8	35.63	29.38	23.13	20
	9	32.35	27.41	22.47	20
Uzaq	10	30	26	22	20
	11	28.26	24.96	21.65	20

Linqvistik termlərdən ibarət 2-ci tip qeyri-səlis məntiq sistemi həm temperatur qiymətini, həm də işıq dəyərinin intensivliyini qiymətləndirmək üçün exspertlər tərəfindən istifadə edilir.

Cədvəl 4.2.2

İşıq-məsafə əlaqəsinin məlumatları (verilənləri)

Məsafə(m)	Məsafə(m)\lişıq	Böyük yanğın(lm)	Orta yanğın var (lm)	Kiçik yanğın(lm)	Yanğın yoxdur (lm)
Mərkəz	0	2000	1200	400	30
	3	252.22	163.33	74.44	30

Yaxın	4	155	105	55	30
	5	110	78	46	30
Orta	6	85.56	63.33	41.11	30
Orta	7	70.82	54.49	38.16	30
	8	61.25	48.75	36.25	30
Uzaq	9	54.69	44.81	34.94	30
	10	50	42	34	30
	11	46.53	39.92	33.31	30

Temperatur-məsafə əlaqəsinin məlumatları cədvəl 4.2.3-də göstərilmişdir.

Cədvəl 4.2.3

Temperatur-məsafə əlaqəsinin məlumatları (verilənləri)

Məsafə(m)\temp	Böyük yanğın °C	Orta yanğın °C	Kiçik yanğın°C	Yanğın yoxdur°C
Yaxın	BY1	OY1	KY1	YY1
	BY 2	OY 2	KY 2	YY 2
	BY 3	OY 3	KY 3	YY 3
Orta	BY 4	OY 4	KY 4	YY4
	BY 5	OY 5	KY 5	YY5
	BY6	OY 6	KY 6	YY6
Uzaq	BY 7	OY 7	KY 7	YY7
	BY 8	OY 8	KY 8	YY8
	BY 9	OY 9	KY 9	YY9

BY1- BY9, böyük yanğın üçün ölçülən temperatur dəyərini təmsil etdiyi halda, OY1, KY1 və YY1, orta, və kiçik yanğın və yanğının olmama vəziyyəti üçün ölçülən ən aşağı temperatur dəyərini müvafiq olaraq təmsil edir. İşıq-məsafə əlaqəsinin məlumatları cədvəl 4.2.4-də göstərilib.

Cədvəl 4.2.4

İşıq-məsafə əlaqəsinin məlumatları

Məsafə(m)\işıq	Böyük yanğın (lm)	Orta yanğın (lm)	Kiçik yanğın (lm)	Yanğın yoxdur (lm)
Yaxın	Bİ1	Oİ1	Kİ1	Yİ1
	Bİ2	Oİ2	Kİ2	Yİ2
	Bİ3	Oİ3	Kİ3	Yİ3
Orta	Bİ4	Oİ4	Kİ4	Yİ4
	Bİ5	Oİ5	Kİ5	Yİ5
	Bİ6	Oİ6	Kİ6	Yİ6
Uzaq	Bİ7	Oİ7	Kİ7	Yİ7
	Bİ8	Oİ8	Kİ8	Yİ8
	Bİ9	Oİ9	Kİ9	Yİ9

Burada Bİ1-Bİ9, böyük yanğın üçün ölçülmüş işıq dəyərini təmsil edir, Oİ1, Kİ1 və İY1, müvafiq olaraq orta, kiçik yanğın və yanğın olmayan vəziyyət üçün ölçülən ən aşağı işıq dəyərini təmsil edir.

Ekspertlər çoxsaylı simulyasiyalardan toplanan məlumatları tədqiq və təhlil edərək yanğını aşkarlamada və qiymətləndirmədə qeyri-səlis məntiq sistemini qurmaq üçün lazım olan təcrübəni əldə edə bilərlər [62, s.84]. Həm giriş, həm də çıxış üçün qeyri-səlis çoxluqların sayı ehtiyac olduqda seçilməlidir.

Nəticə etibarilə istifadə olunan linqvistik termlər tətbiqetmədə qeyri-səlis çoxluqları təsvir etmək üçün seçilir. Cədvəl 4.2.5 (a) və cədvəl 4.2.5 (b) ekspertin verilənləri necə izah etdiyinə dair nümunəni göstərir.

Cədvəl 4.2.5 (a)

Ekspert tərəfindən temperatur dəyərini analiz edən verilənlər nümunəsi

Məsafə(m)\temp	Böyük yanğın	Orta yanğın°C	Kiçik yanğın	Yanğın yoxdur°C
Yaxın	Yüksək temperatur	Orta temperatur	Orta temperatur	Çox aşağı temperatur

Orta	Orta temperatur	Orta temperatur	Aşağı temperatur	Çox aşağı temperatur
Uzaq	Aşağı temperatur	Aşağı temperatur	Çox aşağı temperatur	Çox aşağı temperatur

Cədvəl 4.2.5(b)

Ekspert tərəfindən işıq dəyərini analiz edən verilənlər nümunəsi

Məsafə(m) \işıq	Böyük yanğın (lm)	Orta yanğın (lm)	Kiçik yanğın (lm)	Yanğın yoxdur (lm)
Yaxın	Yüksək işıq dəyəri	Orta işıq dəyəri	Orta işıq dəyəri	Çox aşağı işıq dəyəri
Orta	Orta işıq dəyəri	Orta işıq dəyəri	Aşağı işıq dəyəri	Çox aşağı işıq dəyəri
Uzaq	Aşağı işıq dəyəri	Aşağı işıq dəyəri	Çox aşağı işıq dəyəri	Çox aşağı işıq dəyəri

Nəticələr verilənlərin ekspertlər tərəfindən necə təhlil olunduğuna əsasən dəyişdirilə bilər. Ekspert temperatur dəyərinin yüksək, orta və aşağı kimi təsnif edilə biləcəyi təqdirdə, temperatur dəyəri üçün üç giriş qeyri-səlis çoxluğun olması məqsədəuyğundur. Başqa bir vəziyyətdə, ekspert işıq dəyərini yalnız yüksək və aşağı olaraq təsnif edərsə, işıq dəyəri üçün giriş qeyri-səlis çoxluqları iki olmalıdır. 2-ci tip qeyri-səlis məntiq yanaşmasında ekspertlər tərəfindən qeyri-səlis girişlər üçün fərqli temperatur intensivliyini və işıq intensivliyini təsvir etmək üçün dörd fərqli dil dəyişəni istifadə edilmişdir-yüksək, orta, aşağı və çox aşağı. Qeyri-səlis məntiq sistemində giriş parametrləri olan həm temperatur, həm də işıq üçün dörd fərqli dəyişən linqivistik termlərlə ifadə edilmişdir. Yanğın intensivliyinin çıxışı da yanğın, kiçik yanğın, orta yanğın və böyük yanğınla əlaqədar olaraq dörd linqivistik termlə təsvir edilmişdir.

Bu yanaşmada etibarlı qeyri-səlis məntiq sistemini əldə etmək üçün bütün

ekspertlər öz mənsubiyyət funksiyası modelinə əsaslanaraq hər bir qeyri-səlis çoxluq üçün, ilk öncə, 1-ci tip mənsubiyyət funksiyası qurulur. Prosesdə üç ekspert iştirak edərsə, qeyri-səlis çoxluq üçün üç fərqli 1-ci tip mənsubiyyət funksiyası qurulur ki, bu da sonradan yeni 2-ci tip mənsubiyyət funksiyasını formalaşdırır. Qeyri-səlis nəticə çıxarma qaydalarının əsasları, təcrübələrindən və ya müəyyən bir həll üçün yeni məlumatlardan toplana biləcək təcrübələrindən istifadə edən ekspertlər tərəfindən hazırlanır. Yanğının qiymətləndirilməsi məqsədi ilə ekspertlər üçün təcrübə təlimi son hissədə göstərilmişdir. Həm giriş qeyri-səlis çoxluqları, həm də qeyri-səlis çoxluqları üçün uyğun dizaynla qeyri-səlis qaydalar ekspertlər tərəfindən təklif olunan 2-ci tip qeyri-səlis məntiq sistemi üçün asanlıqla müqayisəli şəkildə tərtib edilə bilər. Cədvəl 4.2.6-da göründüyü kimi 1-ci tip qeyri-səlis məntiq sistemi üçün 16 fərqli nəticə çıxarma qaydası hazırlanmışdır. Bu qaydalar ekspertlərin təcrübələri ilə müzakirə edilir və hazırlanır.

Cədvəl 4.2.6

Qeyri-səlis nəticə çıxarma qaydalarının əsasları

Təxmini yanğın intensivliyi	İşıq dəyəri Çox aşağı	İşıq dəyəri Aşağı	İşıq dəyəri Orta	İşıq dəyəri Yüksək
Temperatur Çox aşağı	Çox aşağı	Çox aşağı	Çox aşağı	Çox aşağı
Temperatur Aşağı	Çox aşağı	Aşağı	Aşağı	Orta
Temperatur Orta	Çox aşağı	Aşağı	Orta	Yüksək
Temperatur Yüksək	Çox aşağı	Orta	Yüksək	Yüksək

4.3. Z- informasiyanın aqreqasiyası

Bir sıra problemlərin həlli müxtəlif mənbələrdən yığılmış qeyri-səlis informasiyaların aqreqasiyasını tələb edir. Formal olaraq aqreqasiya ədədlərin,

linqvistik termlərin və s. ümumi bir nəticədə birləşdirilməsi prosesidir. Aqreqasiya problemləri bir çox elmi araşdırmalarda, məsələn, qeyri-müəyyənlik şəraitində qərar qəbuletmə, çoxmeyarlı qərar qəbuletmə, verilənlərin emalı və s. məsələlərində geniş istifadə edilir. İnformasiyanın linqivistik verilənlər halında aqreqasiya məsələsi qeyri-səlis çoxluqlar üzərində aparılır. Müxtəlif tətbiqlərdə [118, s.114] aqreqasiya prosesi məlumatların qeyri-səlis olması səbəbindən mürəkkəbləşir. Digər tərəfdən, məlumatların linqvistik təsviri qeyri-müəyyənliyi ehtiva edir, çox hallarda insan biliyi qismən etibarlı olur. Bu qismən etibarlılıq da, adətən, qeyri-səlis olur və ehtimal paylanmaları üzərində qeyri-səlis məhdudiyyət kimi formalaşdırılır. Bu tip qeyri-müəyyənlik daşıyan məsələlərin həlli üçün Z-ədədlərdən geniş istifadə olunur [43, s.24]. Diskret Z-ədədlər və onlar üzərində t-norm və t-conorm operatorlarına əsaslanan qismən etibarlı məlumatların aqreqasiyası probleminə baxaq. t-norm və t-conorm operatorları sistem analizi, qərar təhlili, idarəetmə, modelləşdirmə və proqnozlaşdırma məsələlərində qeyri-müəyyənliyin emalı üçün uğurla istifadə olunur.

Fərz edək ki, Z_1 və Z_2 təsadüfi X_1 və X_2 ədədlərinin qiymətlərini əks etdirən Z ədədlərdir. Z-ədədli t-norm $Z_{12} = T(Z_1, Z_2)$ operatorunun tədqiqinə baxaq.

Birinci addımda, Z_1 və Z_2 ədədlərinin A hissələrinin t-normu $A_{12} = T(A_1, A_2)$ hesablanır.

İkinci addımda, xətti proqramlaşdırmadan istifadə edərək, qeyri-səlis $\sum_{i=1}^{n_j} \mu_{A_j}(x_{ji}) p_j(x_{ji})$ məhdudiyyətli, $p_j, j = 1,2$ ehtimal paylanmaları müəyyən olunur. Burada məsələ qoyuluşu belədir:

$$c_1 v_1 + c_2 v_2 + \cdots + c_n v_n \to b_j \tag{4.3.1}$$

$$\left.\begin{array}{r} v_1 + v_2 + \cdots + v_n = 1 \\ v_1, v_2, \cdots, v_n \geq 0 \end{array}\right\} \tag{4.3.2}$$

burada,

$$c_k = \mu_{A_j}(x_{jk}); \quad v_k = p_j(x_{jk}), k = 1, \cdots, n_j$$

Üçüncü addımda, $p_{12} = p_1 \circ p_2$ konvalyusiyası qurulur:

$$p_{12s}(x) = \sum_{x=T(x_1,x_2)} p_1(x_1)p_2(x_2), \forall x_{12} \in X_{12}; \;\; x_1 \in X_1, \;\; x_2 \in X_2 \qquad (4.3.3)$$

Dördüncü addımda, tapılan p_j ehtimal paylanmalarının qeyri-səlis çoxluqları qurulur:

$$\mu_{p_{12}}(p_{12}) = \max_{p_{12}=p_1 \circ p_2} \min\left\{\mu_{p_1}(p_1), \mu_{p2}(p_1)\right\}$$

$$\mu_{p_j}(p_j) = \mu_{B_j}\left(\sum_{k=1}^{n_j} \mu_{A_j}(x_{jk})p_j(x_{jk})\right), j = 1,2 \qquad (4.3.4)$$

Beşinci addımda, $b_{12} = \sum_{k=1}^{n} \mu_{A_{12}}(x_{12k})p_{12}(x_{12k})$ şərti daxilində $Z_{12} = (A_{12}, B_{12})$ diskret qeyri-səlis ədədi qurulur:

$$\mu_{B_{12}}(b_{12}) = \max(\mu_{p_{12}}(p_{12}))$$

Nəticədə, $Z_{12} = T(Z_1, Z_2)$ Z-ədədli t-norm operatoru $Z_{12} = (A_{12}, B_{12})$ kimi ifadə olunur.

Z- informasiyanın t-conormu analoji olaraq qurulur. Ekspertlərin fikirlərinin Z-ədədlərlə təsvir olunmuş t-norm və t-conorm aqreqasiyasının tətbiqinə baxaq.

Fərz edək ki, üç ekspert ümumi bir kommersiya qərarı vermək fikrindədirlər. Qeyri-müəyyənlik və qeyri-səlislik səbəbindən , hər bir ekspert Q_i fikrini Z-ədədləri ilə ifadə edir:

$$A_{Q_1} = {}^{0}\!/_{1} + {}^{0.2}\!/_{1} + {}^{0.3}\!/_{2} + {}^{0.6}\!/_{3} + {}^{1}\!/_{4} + {}^{0.7}\!/_{5} + {}^{0.5}\!/_{6} + {}^{0}\!/_{7}$$

$$B_{Q_1} = {}^{0}\!/_{0.4} + {}^{0.01}\!/_{0.5} + {}^{0.13}\!/_{0.6} + {}^{0.5}\!/_{0.7} + {}^{1}\!/_{0.8} + {}^{0.5}\!/_{0.9}$$

$$A_{Q_2} = {}^{0.1}\!/_{0} + {}^{0.3}\!/_{1} + {}^{1}\!/_{2} + {}^{0.3}\!/_{3} + {}^{0.1}\!/_{4} + {}^{0}\!/_{5}$$

$$B_{Q_2} = {}^{0}\!/_{0.4} + {}^{0.01}\!/_{0.5} + {}^{0.13}\!/_{0.6} + {}^{0.5}\!/_{0.7} + {}^{1}\!/_{0.8} + {}^{0.5}\!/_{0/9}$$

$$A_{Q_3} = {}^{0}\!/_{1} + {}^{0.4}\!/_{2} + {}^{0.5}\!/_{3} + {}^{0.6}\!/_{4} + {}^{1}\!/_{5} + {}^{0.6}\!/_{6} + {}^{0}\!/_{7}$$

$$B_{Q_3} = {}^{0}\!/_{0.4} + {}^{0.01}\!/_{0.5} + {}^{0.13}\!/_{0.6} + {}^{0.5}\!/_{0.7} + {}^{1}\!/_{0.8} + {}^{0.5}\!/_{0.9}$$

Bundan əlavə, ekspertlərin səriştəlik dərəcələri də fərqlidir. Ekspertlərin səriştəlik dərəcələri də diskret $Z_{w_i} = (A_{w_1}, B_{w_1})$ ədədlərlə ifadə edilir:

$$A_{w_1} = {}^{0}\!/_{0} + {}^{0.5}\!/_{1} + {}^{0.7}\!/_{2} + {}^{1}\!/_{3} + {}^{0.6}\!/_{4} + {}^{0}\!/_{5}\ ,$$

$$B_{w_1} = {}^{0}\!/_{0.4} + {}^{0.01}\!/_{0.5} + {}^{0.13}\!/_{0.6} + {}^{0.5}\!/_{0.7} + {}^{1}\!/_{0.8} + {}^{0.5}\!/_{0.9}$$

$$A_{w_2} = {}^{0}\!/_{1} + {}^{0.3}\!/_{2} + {}^{0.5}\!/_{3} + {}^{1}\!/_{4} + {}^{0.7}\!/_{5} + {}^{0}\!/_{6}$$

$$B_{w_2} = {}^{0}\!/_{0.4} + {}^{0.01}\!/_{0.5} + {}^{0.13}\!/_{0.6} + {}^{0.5}\!/_{0.7} + {}^{1}\!/_{0.8} + {}^{0.5}\!/_{0.9}$$

$$A_{w_3} = {}^{0}\!/_{2} + {}^{0.3}\!/_{3} + {}^{0.5}\!/_{4} + {}^{1}\!/_{5} + {}^{0.7}\!/_{6} + {}^{0}\!/_{7}$$

$$B_{w_3} = {}^{0}\!/_{0.4} + {}^{0.01}\!/_{0.5} + {}^{0.13}\!/_{0.6} + {}^{0.5}\!/_{0.7} + {}^{1}\!/_{0.8} + {}^{0.5}\!/_{0.9}$$

Problem baxılan qərar barədə ekspert qrupunun son rəyini Z -t-norm və Z -t-conorm operatorları ilə aqreqasiyaya əsasən müəyyənləşdirməkdir:

$$\mathrm{Aggreg}\left(\mathrm{Z}_1,\ \mathrm{Z}_2\right) = \mathrm{Z}_{\mathrm{agr}}$$

Problem aşağıdakı kimi həll olunur.

1-ci addımda, ekspertlərin (Q) ümumi çəki dəyərləndirməsi $Z_{Qw} = \left(A_{Qw_i}, B_{Qw_i}\right)$, $i = \overline{1,3}$ t-norm operatoru vasitəsiylə müəyyən olunur. Üç ekspert üçün Z_{agr} hesablamanı nəzərdən keçirək. t-norm kimi min operatorundan istifadə edilir.

$$A_{Qw_1} = {}^{0.1}\!/_{0} + {}^{0.3}\!/_{1} + {}^{1}\!/_{2} + {}^{0.3}\!/_{3} + {}^{0.1}\!/_{4} + {}^{0}\!/_{0}$$

$$B_{Qw_1} = {}^{0}\!/_{0.80} + {}^{0.01}\!/_{0.81} + {}^{0.13}\!/_{0.84} + {}^{0.5}\!/_{0.86} + {}^{1}\!/_{0.88} + {}^{0.5}\!/_{0.8}$$

$$A_{Qw_2} = {}^{0}\!/_{0} + {}^{0.5}\!/_{1} + {}^{0.7}\!/_{2} + {}^{1}\!/_{3} + {}^{0.6}\!/_{4} + {}^{0}\!/_{1}$$

$$B_{Qw_2} = {}^{0}\!/_{0.64} + {}^{0.01}\!/_{0.66} + {}^{0.12}\!/_{0.72} + {}^{0.5}\!/_{0.75} + {}^{1}\!/_{0.81} + {}^{0.5}\!/_{0.91}$$

$$A_{Qw_3} = {}^{0}\!/_{1} + {}^{0.4}\!/_{2} + {}^{0.5}\!/_{3} + {}^{0.6}\!/_{4} + {}^{1}\!/_{5} + {}^{0.6}\!/_{6} + {}^{0}\!/_{1}$$

$$B_{Qw_3} = {}^{0}\!/_{0.77} + {}^{0.01}\!/_{0.78} + {}^{0.12}\!/_{0.80} + {}^{0.5}\!/_{0.83} + {}^{1}\!/_{0.85} + {}^{0.5}\!/_{0.8}$$

2- ci addımda, t-conorm əsasında hesablanmış qiymətləndirmələrin aqreqasiyası aparılır. Əvvəlcə, $Z_{Qw_1} = \left(A_{Qw_1}, B_{Qw_1}\right)$ və $Z_{Qw_2} = \left(A_{Qw_2}, B_{Qw_2}\right)$ (birinci və ikinci ekspertlər üçün) t-conorm hesablanır. t-conorm kimi $S\left(Z_{Qw_1}, Z_{Qw_2}\right) = \max\left(Z_{Qw_1}, Z_{Qw_2}\right)$ istifadə edilir. Nəticə aşağıdakı kimi alınır:

$$A_{12} = {}^{0}\!/_{1} + {}^{0.5}\!/_{2} + {}^{0.6}\!/_{3} + {}^{0.7}\!/_{4} + {}^{1}\!/_{5} + {}^{0.7}\!/_{6} + {}^{0}\!/_{1}$$

$$B_{12} = {}^{0}\!/_{0.46} + {}^{0.01}\!/_{0.55} + {}^{0.14}\!/_{0.63} + {}^{0.61}\!/_{0.72} + {}^{1}\!/_{0.81} + {}^{0.6}\!/_{0.9}$$

Son qiymətləndirməni əldə etmək üçün $S(Z_{12}, Z_{Qw_3}) = (A, B)$-nin t-conormu hesablanır:

$$A = {}^{0}\!/_{0} + {}^{0.5}\!/_{2} + {}^{0.6}\!/_{3} + {}^{0.7}\!/_{4} + {}^{1}\!/_{5} + {}^{0.7}\!/_{6} + {}^{0}\!/_{0}$$

$$B = {}^{0}\!/_{0.73} + {}^{0.01}\!/_{0.76} + {}^{0.14}\!/_{0.78} + {}^{0.61}\!/_{0.82} + {}^{1}\!/_{0.85} + {}^{0.6}\!/_{0.91}$$

Beləliklə, t-norm və t-conorm əməliyyatları əsasında fərdi ekspert rəylərinin aqreqasiyası nəticəsində son ekspert qrupunun qiymətləndirilməsi $Z(A, B)$ əldə edilir.

NƏTİCƏ

Dissertasiya işində əldə edilmiş əsas elmi nəticələr aşağıdakı kimidir:

1. Məsafə sensorlarının əsas xüsusiyyətləri araşdırılmış, müqayisəli təhlili aparılmış və qeyri-müəyyənlik şəraitində dəyişənlərin qiymətlərinin linqvistik termlərlə ifadəsi müəyyən olunmuşdur.

2. Qeyri-səlis məntiq əsasında məsafə sensorlarında verilənlərin aqreqasiyası və emalı məsələlərinə baxılmışdır. Qeyri-səlis aqreqasiya operatorlarından istifadə edərək dərin qeyri müəyyənlik şəraitində məsafə sensorlarında informasiyaların, dəyişənlərin qiymətlərinin çəkilərinə uyğun olaraq cəmlənməsi və emal olunması, sistemə daxil olan informasiyanın əvvəlcə fazzifikasiya olunması və emal olunduqdan sonra deffazifikasiya edilərək səlisləşdirilməsi məsələləri işlənilmişdir.

3. Müxtəlif tipli aqreqasiya məsələlərinə baxılmışdır. Məsafə sensorlarında ölçmələr apararkən qeyri-səlis verilənlərin modelləşdirilməsi və aqreqasiyası məsələləri işlənilmişdir.

4. Qeyri-səlis məntiqin müxtəlif formaları məsafə sensorlarında informasiyanın aqreqasiyası üçün işlənilmişdir. Dəyişənin qiyməti qeyri-səlis ədədlə, mənsubiyyət dərəcəsi səlis ədədlərlə ifadə etmək mümkün olduqda 1-ci tip qeyri-səlis məntiq və aqreqasiya operatorlarında istifadə edilir. Daha dərin qeyri-müəyyənlik şəraitində informasiyaların aqreqasiyasını aparmaq üçün həm dəyişənlərin qiymətləri qeyri-səlis ədədlərlə ifadə olunan, həm də bu qiymətlərin mənsubiyyət dərəcələri qeyri-səlis olan 2- ci tip qeyri səlis məntiq və aqreqasiya operatorlarından istifadə edilir. Digər tərəfdən əgər dəyişənlərin qiymətləri qeyri-səlis ədədlərlə və bu qiymətlərin etibarlılığı müəyyən ədədlərlə ifadə olunarsa, Z-ədələr anlayışından istifadə edərək T-norm və T-conorm əməliyyatları əsasında fərdi ekspert rəylərinin aqreqasiyası nəticəsində son ekspert qrupunun qiymətləndirilməsi aparılır. Z-qərar qəbuletmə vasitələri informasiyanın aqreqasiyası məsələlərinə tətbiq olunmuşdur.

ƏDƏBİYYAT

1. Abbasov V.A. İnformasiya - ölçmə sistemlərinin intellektuallaşdırılmasi. Dərs vəsaiti, Bakı: ADNSU nəşriyyatı. 2019.-188 s.

2. Abbasov V.A., Cəbiyeva A.C., Xudaverdiyeva M.A. İKT-nin intellektual ölçmə vasitələrinin çevirmə xarakteristikasını xəttiləşdirmə məsələlərinə tətbiqi. - Təhsildə İKT, Elmi-metodik jurnal, 2017, C34, №7, Bakı: ADPU-nun mətbəəsi, s.157-160, İSBN-2522-4298.
3. Abbasov V.A., Cəbiyeva A.C., Xudaverdiyeva M.A. Ölçmə nəticələrinə düzəlişlər daxil etməklə qeyri-xətti funksional asılılıqların icra edilməsi Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri, № 1, 2017, s. 99-102
4. Abbasov V.A., Cəbiyeva A.C., Məmmədov U.Q., Xudaverdiyeva M.A. Funksional asililiqlari parçalarla additiv-multiplikativ aproksimasiya üsulu. Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi. Azərbaycan Qızlar Universiteti. Elmi Əsərlər, № 4(24), Bakı-2015,s.96-101
5. Abbasov V.A., Cəbiyeva A.C.,Məmmədov U.Q., Xudaverdiyeva M.A. Süni intellekt sistemləninin öyrənilməsində intellektual ölçmə vasitələrində funksional asılılıqların aproksimasiyası üsulunun rolu. Təhsildə İKT, Elmi-metodik jurnal, №3, 2015, Bakı: ADPU-nun mətbəəsi, s.78-82
6. Abbasov V.A., İnformasiya ölçmə sistemləri. Dərs vəsaiti, Bakı: ADNA nəşriyyatı. 2008,-237s.
7. Abbasov V.A., Məmmədov R.Q., Həsənov T.Ə., MəmmədovU.Q., FedorsovA.Z. İntellektual ölçmə vasitələri. Dərslik, Bakı: ADNA nəşriyyatı, 2013.-243 s.
8. Fərzanə N.H., Əliyev Q.X., Abbasova S.M. Texnoloji ölçmələr və cihazlar. Dərs vəsaiti. Bakı: ADNA, 2005. 66 s.
9. Xudaverdiyeva M.Ə., Ultrasəs sensorun köməyi ilə məsafənin təyin olunmasında qeyri-səlis məlumatların fazzifikasiya və defazzifikasiyası / Birinci Beynəlxalq Elmi-Praktiki Konfrans: Müasir İnformasiya, Ölçmə və İdarəetmə Sistemləri: Problemlər və Perspektivlər, - Bakı: - 2020, s.184-185.
10. Xudaverdiyeva M.Ə., Əliyeva K.R., Yusubov E.V. Qeyri-Müəyyənlik şəraitində Qeyri-Səlis Kontrollerli Robotun Simulyasiyası / Internatıonal Eastern Conference On Human-Computer Interactıon Naxçıvan-2022.

11. Məmmədov R.Q., Həsənov T.Ə., Abbasov V.A., Məmmədov U.Q. İnformasiyanın alınmasının fiziki əsasları. Dərslik.- Bakı: ADNA nəşriyyatı, 2014.- 480 s.
12. Abbasquliyev A.S., Mecidov S.A., Paşayeva A.E., Xudaverdiyeva M.Ə., Об одном алгоритме вычисления характеристик случайных чисел с нечеткими значениями // International Scientific journal "Internauka", - 2018, №5(45), pp. 36-38.
13. Aras T. Mapasxacs AB, Hamaen HM Xupo A.Ш. Применение потехнологий в неорганическом синтез Say, Ha-so AFVHI 2016-494
14. Burdun G.D., Markov B.M. Osnovi metrologii.- M.: Izd. Standartov, 1985.- 256 pp
15. CapenkoM.P. İntellektualnıe funkcii izmeritelnıx informasionnıx sistem (İİS) Priborı i sistemı upravleniya.1992, № 2 s.16-19.
16. Korn G., Korn T. Spravochnik po matematike.– M.: Izd. Nauka, 1968.- 831 pp.
17. Kulikovskiy K.L., Kuper V.A. Metodı I sredstva izmereniy: Uçebnoe posobie dlya vuzov. –M.:Enerqoatomizdat, 1986. –448 s.
18. LarionovA.M., idr. Vıçislitelnıe kompleksı, sistemı i seti/ A.M.Larionov, S.A.Mayorov, Q.İ.Novikov :Uçebnik dlya vuzov. L.:Enerqoatomizdat, Leninqr. otd-nie, 1987.-288s.
19. Mammadov R.G., Ispolzovanie Evklidova rasstoyaniya dlya tochnoy ochenki meri blizosti mejdu obyektami pri raspoznavanii obrazov.- «Metrologiya», 1998, № 3, p. 10-14.
20. Metroloqiçeskoe obespeçenie I ekspluatasiya izmeritelnoy texniki (Q.P.Boqdanov, V.A.Kuznesov, M.A.Lotonov idr.; Pod,red.V.A.Kuznesova. – M.:Radio I svyaz, 1990, - 240s.
21. Panfilov V.A., Elektricheskie izmereniya.- M.: Izd. Akademiya, 2006.-288 pp.
22. Pronkin N.S., Osnovi metrologii:praktikum po metrologii I izmereniyam.-M.: Izd. Universitetskaya, 2006.- 392 pp
23. Боровков А. А., Числовые характеристики случайных величин: -5-е изд. - М.: Либроком, 2009. -656 с.

24. Гаскаров Д . В., Интеллектуальные информационные системы.- Учебник / Д. В. Гаскаров. — М.: Высш. шк., 2003.-215 с.
25. Градуировочной характеристики измерительного преобразователя. http//www.findpatent.ru/patent/246/2468379.html. © FindPatent.ru – патентный поиск. 2012-2018. -215 с.
26. Заде Л., Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений / Л. Заде. – М. Мир, 1976 – 165 с.
27. Касымзаде Т.М., Аббаскулиев А.С., Худавердиева М.А. Критерий оптимальности при интеллектуальной обработке пульсовых сигналов «Информационные управляющие системы и технологии» IV междунарордной научно-практической конверенции, - Odecca: - 2015, с.40-43
28. Куликовский К.Л., Купер В.А. Методы и средства измерений: Учебное пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
29. Ларинов А.М. и др. Вычеслительные комплексы, системы и сети / А.М.Ларинов, С.А.Майоров, Г.И.Новиков: Учебник для вузов. Л., Энергоатомиздат, Ленинград отд.- ние, 1987. -288с.
30. Ларионов В.А. Способ линеаризации, Учебник для вузов. Л., 1987.-288с.
31. Метерологическое обеспечение и эксплуатация измерительной техники (Г.П.Богданов, В.А.Кузнецов, М.А.Летонов и др.; Под. Ред.В.А.Кузнецова. – М.: Радио и связи, 1990.)
32. Раннев Г.Г. Интеллектуальные средства измерений: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Г.Г.Раннев. - М. Издательский центр «Академия», 2011. - 272 с.
33. Фетисов В.С. Интеллектуальные средства измерений и HART- протокол учеб. пособие / В. С. Фетисов. — Уфа Изд-во УГАТУ, 2004. – 128 с.
34. Цапенко М. П. Измерительные информационные системы: Структуры и алгоритмы, системотехническое проектирование: Учеб. Пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 440 с
35. Цапенко М.П. Интеллектуальные функции измеретельных информационных

систем (ИИС). Приборы и системы управления. 1992, № 2.

36. Ян Штурцель, Мирослав Каменский - Аппроксимация функций и цифровая линеаризация в сенсорных системах.- Журнал AT & P PLUS2 2006 SENZOROVÉ SYSTÉMY A SPRACOVANIE SIGNÁLOV Pp. 13-17.
37. Hans-Jürgen Zimmermann. Fuzzy Set Theory and its Applications. Springer, 2001.
38. A. Kaufmann and M. M. Gupta,Introduction to fuzzy arithmetic, Van Nostrand Reinhold Electrical/Computer Science and Engineering Series, New York, 1985.
39. Ahmadi H., Martí J.R., Moshref A. Piecewise linear approximation of generators cost functions using max-affine functions., Canada, 21–25 July 2013; p.1–5.
40. Ahmadi, H.; Martí, J.R.; Moshref, A. Piecewise linear approximation of generators cost functions using max-affine functions. pp. 1–5.
41. Akasaka Y., Onisawa T. Individualized pedestrian navigation using fuzzy measures and integrals // Proc of IEEE Intern. Hawai, 2005. Vol. 2, pp. 1461–1466.
42. Aliev R.A.(2017). Uncertain computation-based decision theory. World Scientific -p.447-452.
43. Aliev R.A., Aliyev R.R. Soft Computing, and its Applications. World Scientific Publishing Company, -2001, -p.460.
44. Aliev R.A., Alizadeh A.V., Huseynov O.H. The arithmetic of discrete Z-numbers. Inf Sci 290(C), -2015, -p.134–155.
45. Aliev R.A., Huseynov O.H., Aliyev R.R., Alizadeh A.V. The Arithmetic of Z-numbers. Theory and Applications, World Scientific, Singapore, -2015, -p.316.
46. Allagui N. Y., Abid D. B. and Derbel N. (2019), "Autonomous navigation of mobile robot with combined fractional-order PI and fuzzy logic controllers", *2019 16th* pp. 78-83, DOI: https://doi.org/10.1109/SSD.2019.8893176.
47. Andrade-Pineda J.L., Canca D., Gonzalez-R P.L. On modelling non-linear quantity discounts in a supplier selection problem by mixed linear integer optimization. Ann. Oper. Res. 2017, 258, 301–346.

48. Arif M. U. and Marzoughi A. (2020), "Arithmetic mean-based decision-making algorithm for obstacle avoidance and multiple intruder detection", *2020 Australian and New Zealand Control Conference* (ANZCC), pp. 103-107, DOI: https://doi.org/10.1109/ANZCC50923.2020.9318343.
49. Arne-Jens Hempel and Steffen F. Bocklisch. Fuzzy pattern modelling of data inherent struc- tures based on aggregation of data with heterogeneous fuzziness. chap- ter 28, pages 637–655. INTECH, 2010.
50. Asemani M. & Esnaashari M. (2015). Learning automata based energy efficient data aggregation in wireless sensor networks. Wireless Networks, 1-19.
51. Azad P. & Sharma V. (2013). Cluster head selection in wireless sensor networks under fuzzy environment. ISRN Sensor Networks, 2013.
52. B. Schweizer and A. Sklar, “Statistical metric spaces,” Pacifc Journal of Mathematics, vol. 10, pp. 313–334, 1960.
53. Babinski D., Berisha J., Zaev E. and Bajrami X. (2020), "Application of Fuzzy Logic and PID Controller for Mobile Robot Navigation", *2020 9th Mediterranean Conference on Embedded Computing* (MECO), pp. 1-4, DOI: https://doi.org/10.1109/MECO49872.2020.9134317.
54. Babaee, S. Use of DEA and PROMETHEE II to assess theperformance of older drivers // Transportation Research Procedia, 10, -2015, -pp.798-808.
55. Baykasoğlu A. & Gölcük İ. (2015). Development of a novel multiple-attribute decision making model via fuzzy cognitive maps and hierarchical fuzzy TOPSIS. Information Sciences, 301, 75-98.
56. Bertsimas D., Dunn J., Wang Y. 1109/SECON.2017.7925312. 1. Near-optimal nonlinear regression trees. Oper. Res. Lett. 2021, 49, 201–209.
57. Bellman R., Zadeh L. Decision-Making in a Fuzzy Environment // Management Science, vol.17, no 4, -1970, -pp.141-164.
58. Bandyopadhyay G., Guha, B., Bhattacharjee, M. An ensemble approach for portfolio selection in a multi-criteria decision-making framework, vol.3, no.1, 2020, pp. 1-20
59. Bisschop, J. AIMMS Optimization Modeling. 2021. Available online:

https://documentation.aimms.com/aimms_modeling.html (February 2021).

60. Burgos O.T., Hizon, J.R.E. and Sison L.G., 2004. “Comparison of classical and fuzzy control in active mass damping of a flexible structure using acceleration feedback”, proceding of TENCON-2004 IEEE Conference, Vol. 4, pp.645-648.
61. Cheng H.J., Feng D.Y., Shi X.B., Data quality analysis and cleaning strategy for wireless sensor networks. EURASIP J. Wirel. Commun. Netw. 61, 1–11 (2018).
62. Circle-based Obstacle Avoidance for the Remotely Operated Mobile Robot,” 2016 Conference on Information and Control Systems, pp. 84-85, 2016 .
63. Cui W. (2019), "Multi-sensor Information Fusion Obstacle Avoidance based on Fuzzy Control", pp. 198-202, DOI: https://doi.org/10.1109/AUTEEE48671.2019.9033349.
64. D. Dubois and H. Prade, “A review of fuzzy set aggregation connectives,” Information Sciences, vol. 36, no. 1-2, pp. 85–121, 1985.
65. Davood I., Abawajy J.H., Ghanavati S., A data fusion method in wireless sensor networks. Sensors. 15(2), 2964–2979 (2015).
66. Dejonckheere J., Disney S.M., Lambrecht M.R., Towill D.R.(2003). Measuring and avoiding the bullwhip ef ect: A controltheoretic approach. European Journal of Operational Research 147 (3), 567–590.
67. DEVANTECH Ltd (Robot Electronics). SRF08 Ultra sonic range finder. Available from: http://www.cs.york.ac.uk/micromouse/Docs/SRF08UltraSonicRanger.pdf
68. Dulebenets M.A. A comprehensive multi-objective optimization model for the vessel scheduling problem in liner shipping. Int. J. Prod. Econ. 2018, 196, 293–3
69. Dulebenets M.A. Advantages and disadvantages from enforcing emission restrictions within emission control areas. Marit. Bus. Rev. 2016, 1, 107–132
70. F. Herrera and L. Martinez, “An approach for combining linguistic and numerical information based on the 2-tuple fuzzy linguistic representation model in decision-making

71. F. Herrera, E. Herrera-Viedma, and L. Mart´ınez, “A fusion approach for managing multi-granularity linguistic term sets in decision making,” Fuzzy Sets and Systems, vol. 114, no. 1, pp. 43– 58, 2000.
72. Fernandes G.J., Rodrigues J.P.C., Proença M.L., Autonomous profile-based anomaly detection system using principal component analysis and flow analysis. Appl. Soft Comput. 34(9), 513–525 (2015).
73. Fu J.S., Liu Y., Double cluster heads model for secure and accurate data fusion in wireless sensor networks. Sensors. 15(1), 2021–2040 (2015).
74. G. Beliakov, A. Pradera, and T. Calvo, Aggregation functions: a guide for practitioners, Studies in Fuziness and Sof Computing, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2008.
75. Gajjar H.K., Adil G.K. A piecewise linearization for retail shelf space allocation problem and a local search heuristic. Ann. Oper. Res. 2010, 179, 149–167.
76. Ganguly R., Omitaomu O. A., Walker R. M., Knowledge Discovery from Sensor Data, for Security Applications, Chapter 12, Processing Techniques in Sensor Networks, Springer (2007)
77. Geißler B., Martin A., Morsi A., Schewe L. Using piecewise linear functions for solving MINLPs. In Mixed Integer Nonlinear Programming; Lee J., Leyffer S., Eds., Springer: New York, NY, USA, 2012; Volume 154, pp. 287
78. Ghorpade D., Thakare A. D. and Doiphode S. (2017), "Obstacle Detection and Avoidance Algorithm for Autonomous Mobile Robot using 2D LiDAR," *2017* (ICCUBEA), pp. 1-6, DOI: https://doi.org/10.1109/ICCUBEA.2017.8463846.
79. Grabisch M., Orlovski, S., Yager R. Fuzzy Aggregation of Numerical Preferences. Fuzzy Sets in Decision Analysis, Operations Research and Statistics. The Handbooks of Fuzzy Sets Series 1, -1998, -pp.31-68.
80. Guignard M. Strong RLT1 bounds from decomposable Lagrangean relaxation for some quadratic 0–1 optimization problems with linear constraints. Ann. Oper. Res. 2020, 286, 173–2
81. Guo W., Xiong N., Vasilakos A.V., Chen G., Cheng H., Multi-source temporal data aggregation in wireless sensor networks. Wirel. Pers. 56(3), 359–370 (2011).

82. H. Zhao, Z. S. Xu, M. F. Ni, and S. S. Liu, “Generalized aggregation operators for intuitionistic fuzzy sets,” International Journal of Intelligent Systems, vol. 25, no. 1, pp. 1–30, 2010.
83. Heinzelman W.B., Chandrakasan A.P., Balakrishnan H., An application-specific protocol architecture for wireless micro-sensor networks. 660–670 (2009).
84. Hesketh B., Pryor,R.,and Gleitzman, M. <1989), Fuzzy logic: Toward measuring Gottfredson's concept of occupational social space, fournat of Counseting llsychotogy, 36, 103- 109.
85. Imamoto A., Tang B. Optimal piecewise linear approximation of convex functions. San Francisco, CA, USA, 22–24 October 2008; pp. 1191–1194.
86. Ionescu F., Haszier F., 1996. “Comparison between classical and fuzzy-controller for electrohydraulic axes”, International Symposium on Neuro-Fuzzy Systems, pp.155- 160.
87. J. M. Merigo and A. M. Gil-Lafuente, “New decision-making ´ techniques and their application in the selection of fnancial products,” Information Sciences, vol. 180, no. 11, pp. 2085–2094, 2010.
88. J. M. Merigo and M. Casanovas, “Te fuzzy generalized OWA ´ operator and its application in strategic decision making,” Cybernetics and Systems, vol. 41, no. 5, pp. 359–370, 2010.
89. J. M. Merigo, ´ New extensions to the OWA operator and its application in business decision making [Ph.D. thesis], Department of Business Administration, University of Barcelona, 2008.
90. J.-L. Marichal, Aggregation operators for multi criteria decision aid [Ph.D. thesis], Department of Management, FEGSS, University of Liege, 1998.
91. Khudaverdiyeva M.A. Fuzzy aggregation of multimodal information // Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri, - 2021, №4, s.47-51.
92. Khudaverdıyeva M.A., Distance measuring by ultrasonic sensor // The Southern Caucaus Scientific Journals, - Georgıa: - 2022, pp. 36-44.

93. Khudaverdıyeva M.A., Modeling of mobile robot with obstacle avoidance using fuzzy controller // Системы обработки информации, журнал Харьковского Национального Уинверситета. Ukrain, -2022, pp.21-25
94. Khudaverdıyeva M.A., Multiplicative approximation method of functional dependencies by line segments // Сборника научных трудов. Системы управления, навигации и связи», Харьков,-2022, pp.39-42.
95. Kim D. G. and Kim G. W. (20160, “Multi-Expanded Guide Circle-based Obstacle Avoidance for the Remotely Operated Mobile Robot", *2016 Conference on Information and Control Systems*, pp. 84-85.
96. Kwak K., Pedrycz W. Face recognition: A study in information fusion using fuzzy integral // Patt. Recog. Lett. 2005. Vol. 26, pp. 719–733.
97. Kwong, C., Tam S. Case-based reasoning approach to concurrent design of low power transformers // Journal of Materials Processing Technology, 128, -2002, -pp. 136-141
98. Laarhoven, P., Pedrycz, W. Fuzzy extension of Saaty’s priority theory // Fuzzy Sets and Systems, 11 (1-3), -1983, -pp. 229-241.
99. Lee, D. Y., Lu, Y. F., Kang, T. K., Choi, I. H. and Lim, M. T. (2012), "3D vision-based local obstacle avoidance method for a humanoid robot", pp. 473-475.
100. Li Y. and Liu Y. (2020), "Vision-based Obstacle Avoidance Algorithm for Mobile Robot", *2020 Chinese Automation Congress* (CAC), pp. 1273-1278.
101. Liu, Y., Chen, D. and Zhang, S. (2018), "Obstacle avoidance method based on the movement trend of dynamic obstacles", pp. 45-50
102. Liang, Q., Mendel, J. Interval Type-2 Fuzzy Logic Systems: Theory and Design // IEEE Transactions on Fuzzy Systems, vol.8, -2000, -pp.535–550
103. Luo R. C. and Kuo C. (2016), “Intelligent Seven-DoF Robot With Dynamic Obstacle Avoidance and 3-D Object Recognition for Industrial Cyber-Physical Systems in Manufacturing Automation”, *Proceedings of the IEEE*, vol. 104, no. 5, pp. 1102-1113, May 2016, DOI: https://doi.org/10.1109/JPROC.2015.2508598.
104. Liu, J., Fang, S., Chen, H. Multiplicative data envelopment analysis crossefficiency and stochastic weight space acceptability analysis for group

decision making with interval multiplicative preference // Information Science, vol.514, - 2020, -pp.319-332.

105. M. Grabisch, J.-L. Marichal, R. Mesiar, and E. Pap, Aggregation functions, Encyclopedia of Mathematics and its Applications , Cambridge University Press, UK, Cambridge, 2009.

106. Mammadov R.G., İmanova U.G., Khudaverdiyeva M.A. İncreasinq the Reliability of information- Measurig Technical Vizion System // ILREAT International Journal of Research in Engineering &Advanced Technology, - 2017, pp.7-11.

107. Meyer, R.R.A. Theoretical and computational comparison of 'Equivalent' mixed-integer formulations. Nav. Res. Logist. 1981, 28, 115–131.

108. Nagarajan V. R. and Singh, P. (2021), "Obstacle Detection and Avoidance For Mobile Robots Using Monocular Vision", *2021 8th International Conference on Smart Computing and Communications* (ICSCC), pp. 275-279, DOI: https://doi.org/10.1109/ICSCC51209.2021.9528162.

109. Nan J. (2021), "Research on Robot Obstacle Avoidance System Based on Computer Path Planning", *2021 IEEE International Conference on Power Electronics, Computer Applications* (ICPECA), pp. 909-913, DOI: https://doi.org/10.1109/ICPECA51329.2021.9362699.

110. NATIONAL INSTRUMENTS.NI-845x(2005) Software User Manual ; 12C/SPI.

111. Nisel, S. An Extended VIKOR Method for Ranking Online Graduate Business Programs // International Journal of Information and Education Technology, vol.4, no.1, -2014, -pp. 103-107.

112. Nhivekar G.S., Mudholkar R.R., 2011. "Data Logger and Remote Monitoring System for Multiple Parameter Measurement Applications", Journal of Electrical and Electronics Engineering, Vol. 4, No.1, pp.139-142.

113. NXP Semiconductors. I2C-bus specificationand user manual Available from: http://www.nxp.com/documents/user_manual/UM10204.pdf

114. Padgett S. T. and Browne A. F. (2017), "Vector-based robot obstacle avoidance using LIDAR and mecanum drive", *SoutheastCon 2017*, pp. 1-5

115. Park S. H. and Kim G. W. (2014), “Expanded Guide Circle-based obstacle avoidance for the remotely operated mobile robot”, *Journal of Electrical Engineering and Technology*, vol. 9, no. 3, pp. 1034-1042.

116. Pasha, J.; Dulebenets, M.A.; Kavoosi, M.; Abioye, O.F.; Theophilus, O.; Wang, H.; Kampmann, R.; Guo, W. Holistic tactical- level planning in liner shipping: An exact optimization approach. J. Shipp. Trade 2020, 5,

117. Pauer, G.; Török, Á. Binary integer modeling of the traffic flow optimization problem, in the case of an autonomous transportation system. Oper. Res. Lett. 2021, 49, 136–1

118. Peng, J., Wang, J. Wang, Yang, L., Chen, X. An extension of electre to multicriteria decision-making problems with multi-hesitant fuzzy sets // Information Science, vol.307, -2015, pp. 113–126.

119. R. Giles, “Lukasiewicz logic and fuzzy set theory,” International Journal of Man-Machine Studies, vol. 8, no. 3, pp. 313–327, 1976. [23] S.-M.

120. Ribeiro T., Gonçalves F., Garcia I., Lopes G. and Ribeiro A. F. (2019), "Q-Learning for Autonomous Mobile Robot Obstacle Avoidance", pp. 1-7

121. ROBOT STORE (HK). SRF08 – Ultrasonic range finger – datasheet. Available from: http://www.robotstorehk.com/srf08tech.pdf

122. S. J. Chen and S. M. Chen, “A new method for handling multicriteria fuzzy decision-making problems using fn-iowa operators,” pp. 109–137, 2003.

123. Song K., Chang Y. and Chen J. (2019), "3D Vision for Object Grasp and Obstacle Avoidance of a Collaborative Robot", pp. 254-258

124. Sridhar, S.; Linderoth, J.; Luedtke, J. Locally ideal formulations for piecewise linear functions with indicator variables. Oper. Res.Lett. 2013, 41, 627–632.

125. Stefanello, F.; Buriol, L.S.; Hirsch, M.J.; Pardalos, P.M.; Querido, T.; Resende, M.G.C.; Ritt, M. On the minimization of traffic congestion in road networks with tolls. Ann. Oper. Res. 2017, 249, 119–139.

126. T. Calvo, G. Mayor, and R. Mesiar, Eds., Aggregation operators , vol. 97 of Studies in Fuzziness and Sof Computing, PhysicaVerlag, Heidelberg, 2002. [20]
127. Tahani H., Keller J.M. Information fusion in computer vision using the Fuzzy integral // IEEE transactions on systems, man and cybernetics. 1990. Vol. 20, № 3, pp. 733–741.
128. VALA, D., SLANINA, Z., WALENDZIUK, W. Mining Shaft Inspection by Laser Photogrammetry. Elektronika Ir Elektrotechnika, Vol. 22, Issue 1, 2016. ISSN 1392
129. Vielma, J.P.; Ahmed, S.; Nemhauser, G. A note on a superior representation method for piecewise linear functions. INFORMS J. Comput. 2010, 22, 493–497.
130. W. M. Dong and F. S. Wong, “Fuzzy weighted averages and implementation of the extension principle,” Fuzzy Sets and Systems, pp. 183–199, 1987.
131. Waga A., Laminin C., Benhlima S. and Bekri A. (2021), "Fuzzy logic obstacle avoidance by an NAO robot in an unknown environment", pp. 1-7.
132. Y.-M. Wang and Y. Luo, “Generalised fuzzy weighted mean and its applications,” International Journal of General Systems, vol. 38, no. 5, pp. 533–546, 2009.
133. Z. S. Xu and Q. L. Da, “Te uncertain OWA operator,” International Journal of Intelligent Systems, vol. 17, no. 6, pp. 569–575, 2002.
134. Z. S. Xu, “A fuzzy ordered weighted geometric operator and its application in fuzzy AHP,” Syst Eng Electron, vol. 2, p. 4, 2002.
135. Z. Xu, “Intuitionistic fuzzy aggregation operators,” IEEE Transactions on Fuzzy Systems, vol. 15, no. 6, pp. 1179–1187, 2007.
136. Zadeh L. A. “Fuzzy sets,” Information and Control, vol. 8, -1965, -p.338–353.
137. Zadeh, L. A computational approach to fuzzy quantifiers in natural languages. Computers and Mathematics, 9, -1983, -pp.149–181.
138. Zadeh L. A. A Note on Z-numbers, Information Sciences, 181, -2011, -pp. 2923–2932.

139. Zadeh, L. From computing with numbers to computing withwords from manipulation of measurements to manipulation of perception // IEEE Trans. Circuits and Systems, 45, -1999, -105–119. 250
140. Zadeh L.A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning, University of California, Berkeley, -1974, -pp.1-10.
141. Zadeh L.A. The concept of a linguistic variable and its applications to approximate reasoning. Part I, -1975a, Information Sciences 8(3), -pp.199–243.
142. Zadeh L.A., et al., Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, Fuzzy Systems. World Scientific Press, -1996, -p.840.
143. Zhang, T., Li, X. Consensus model for multiple criteria group decision making under intuitionistic fuzzy environment, Knowledge-Based Systems 57, -2014, -pp.127–135.
144.. Zhang, Z., Pedrycz, W. Models of mathematical programming for intuitionistic multiplicative preference relations, IEEE Trans. Fuzzy Syst., vol. 25, no. 4, -2017, - pp. 945-957.